4/14

Overige schakelingen

Afstandsbediening schakelingen

Alarm en melding schakelingen

Home elektronica

Indicator schakelingen

Licht schakelingen

Motor besturingen

Spelletjes

Telecommunicatie schakelingen

Tijd en chronometer schakelingen

Voeding schakelingen

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/14.2 Ontladingsbeveiliging voor Nicad cellen

Als in een apparaat nikkel-cadmiumcellen worden toegepast als voeding, dan dient men er voor te waken, dat deze niet te ver ontladen worden. Nikkel-cadmium cellen hebben de neiging bij een te diepe ontlading om te polen, hetgeen meestal het einde van de cel betekent. De gemiddelde werkspanning van een Nicad-cel is 1,25V, de onbelaste spanning is ca. 1,35V. Als Nicad-cellen in serie worden geschakeld moeten alle cellen dezelfde laadtoestand hebben. Dus bij uitwisselen alle cellen gelijkertijd verwisselen.
De volgende kleine schakeling kan eenvoudig in het te voeden apparaat worden ingebouwd. Het zorgt ervoor, dat de stroomleiding van de cellen naar het apparaat wordt onderbroken. De spanning waarbij dit gebeurt is afhankelijk van de zenerdiode. De stroom naar het te voeden apparaat loopt door transistor T2, waarvan de emitter-collector junctie in geleiding is. Hier treedt weliswaar een klein spanningsverlies op aangezien de transistor ook in de aan-toestand een kleine restweerstand heeft. Bij stromen < 3A kan dit spanningsverlies echter verwaarloosd worden. Als de spanning van de cellen gelijk wordt aan of lager dan de zenerspanning van de diode, dan zal de zener sperren. Als de zener geleidt, dan wordt condensator C1 via de spanningsdeler R1/R3 opgeladen. Als op de loper van R1 een spanning van 0,7V staat, dan komt T1 in geleiding, waardoor er stroom gaat lopen naar R2. Hierdoor krijgt T2 basisspanning, zodat deze ook in geleiding komt.

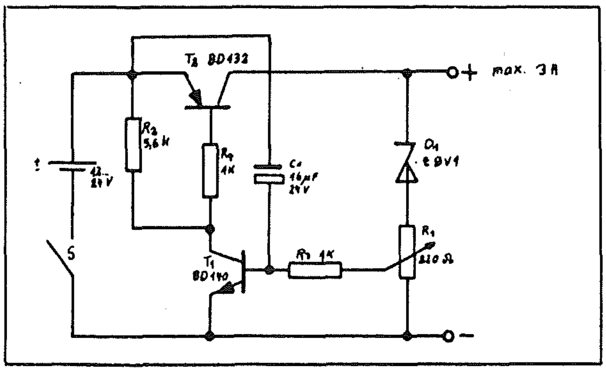
Aan de uitgang van de schakeling staat nu de volle celspanning minus het kleine spanningsverlies over T2. Als de spanning van de Nicad cellen onder de zenerspanning van D1 zakt, vervalt de basissturing van T1, waardoor ook de basissturing van T2 wegvalt, die daardoor zal sperren. Daarmee is bereikt, dat de belasting van de cellen is uitgeschakeld, zodat verdere ontlading wordt voorkomen. Tegelijkertijd heeft men een effectieve waarschuwing over de laadtoestand van de cellen, immers het apparaat werkt niet meer.

Na het verwisselen van de Nicad-cellen moet men even geduld hebben na het aanschakelen van het apparaat, totdat C1 weer geladen is.

Onderdelenlijst:

T1 = BC 140
T2 = BD 132
D1 = ZgV1 (V- berekenen uit aantal seriegeschakelde cellen)
R1 = Instelpot 220 ohm
C1 = 16 uF25V
S = Schakelaar (meestal aan/uit van apparaat zelf)
R2 = 5,6 K
R3 = 1 K
R4 = 1 K

14.2 Ontladingsbeveiliging voor Nicad-cellen



Figuur 4/14.2-1:
Schema

De schakeling is eenvoudig te bouwen op een stukje Vero-board, waarvan de afmetingen en de vorm zelf kunnen worden bepaald aan de hand van de ruimte, die voor inbouw aanwezig is.

4/14.4

Kinderkamer-bewaking

In de moderne, goed geïsoleerde huizen is het bewaken van een kinder-kamer vaak een groot probleem. De elektronica kan ons echter met een aantal min of meer ingewikkelde apparaten ter hulp komen. In deze paragraaf wordt een zeer eenvoudige, maar zeer doeltreffende oplossing beschreven; een simpele afluisterversterker opgebouwd uit een mikrofoontje, een gevoelige voorversterker en een geïntegreerde eindtrap.

De "zender" wordt door middel van een drie-aderig kabeltje van willekeurige lengte verbonden met de "ontvanger". Dit laatste kastje bevat de netvoeding en de afluister-luidspreker. De schakeling van de "ontvanger" is getekend in figuur 2. De netspanning wordt door middel van een 2 x 6 of 1 x 12 V trafo, een bruggelijkrichter G1, een afvlakcondensator C7 en een geïntegreerde 12 V regelaar IC3 omgezet in een stabiele +12 V spanning. Het gebruik van een geïntegreerde spanningsregelaar heeft als groot voordeel dat de schakeling daardoor effectief is beveiligd tegen kortsluiting (wat in dit geval met de lange leiding waarover de voedingsspanning naar de "zender" wordt getransporteerd altijd per ongeluk kan voorkomen). Vanwege de grote afstand tussen voeding en verbruiker is de condensator C8 zeer noodzakelijk als onderdrukker van oscillatieneigingen. Als luidspreker kan men ieder 8 Ohm, 1 W type, te kust en te keur in iedere onderdelen-handel te koop, gebruiken.

De "zender" kan met een gewone onafgeschermde drie-aderige kabel (telefoondraad, antennemotor-stuurkabel) met de "ontvanger" worden verbonden.

Figuur 1 geeft het schema van deze schakeling. Het te versterken akoestische signaal wordt door middel van de microfoon Mi omgezet in een kleine elektrische spanning. De microfoon wordt afgesloten met een hoog-omige FET-buffer (T1) en nadien aangeboden aan de ingang van een geïntegreerde voorversterker (IC1) met regelbare versterkingsfactor.
Met potentiometer P1 kan men deze factor regelen en daarmee de gevoeligheid van de schakeling instellen.
De tweede operationele versterker vormt met de complementaire eindtrap de meest simpele schakeling van een eindversterkertje en stuurt het versterkt signaal via scheidings-condensator C6 naar de luidspreker in de "zender".

De bouw van de schakeling

De twee deel-schakelingen kunnen op de printjes van figuur 4 worden opgebouwd.

14.4 Kinderkamerbewaking

De juiste plaats van de onderdelen volgt uit figuur 5. Let op de juiste aansluitingen van transistoren, elco's en IC's! Na de bouw van de "zender" moet deze schakeling in een kunststof-kastje worden ondergebracht. De "ontvanger" bouwt men bij voorkeur in een metalen kastje in, waarbij de kast met punt C van de schakeling wordt verbonden. Het kastje is dan met de massa van de elektronica verbonden en de kans op het oppikken van brom of andere storende velden is dan minimaal. Nadat beide apparaatjes door middel van de drie-aderige kabel met elkaar zijn verbonden draait men beide potentiometers in uurwijzerzin en schakelt de netspanning in.

Wel moet men beide delen in afzonderlijke kamers opstellen om acoustisch rondzingen te voorkomen. Door middel van trimmer P2 stelt men nu het maximale geluidsniveau op de gewenste waarde in. Nadien kan men, door het verdraaien van potentiometer P1 het geluid variëren tussen deze maximale waarde en 0.

Zoals reeds gezegd, wordt aan de leiding niet al te hoge eisen gesteld. Afgeschermde draad is niet noodzakelijk, maar gebruik wel vrij dikke draad (zeker als de te overbruggen afstand groter is dan 10 m) omdat er anders te veel vermogen verloren gaat in de inwendige weerstand van de aders.
Desgewenst kan men de zender uitrusten met een aan-uit schakelaar en een indicatie-LED.

Onderdelenlijst

weerstanden

R1	10 k- Ohm, 1/3 W
R2	100 k- Ohm, 1/3 W
R3	47 k- Ohm, 1/3 W
R4	100 k- Ohm, 1/3 W
R5	100 k- Ohm, 1/3 W
R6	100 k- Ohm, 1/3 W
R7	10 k- Ohm, 1/3 W
P1	1 M-Ohm, lineaire potmeter
P2	1 M-Ohm, trimmer

condensatoren

C1	470 μF, 10 V printelco
C2	100 nF, MKM
C3	47 μF, 10 V printelco
C4	1 μF, 10 V printelco
C5	10 μF, 10 V printelco
C6	470 μF, 10 V printelco
C7	1000 μF, 25 V horizontale elco
C8	2,2 μF, 10 V printelco

halfgeleiders

T1	BF245
T2	AC187K
T3	AC188K
IC1	741 minidil
IC2	741 minidil
IC3	7812 C TO-220 spanningsregelaar

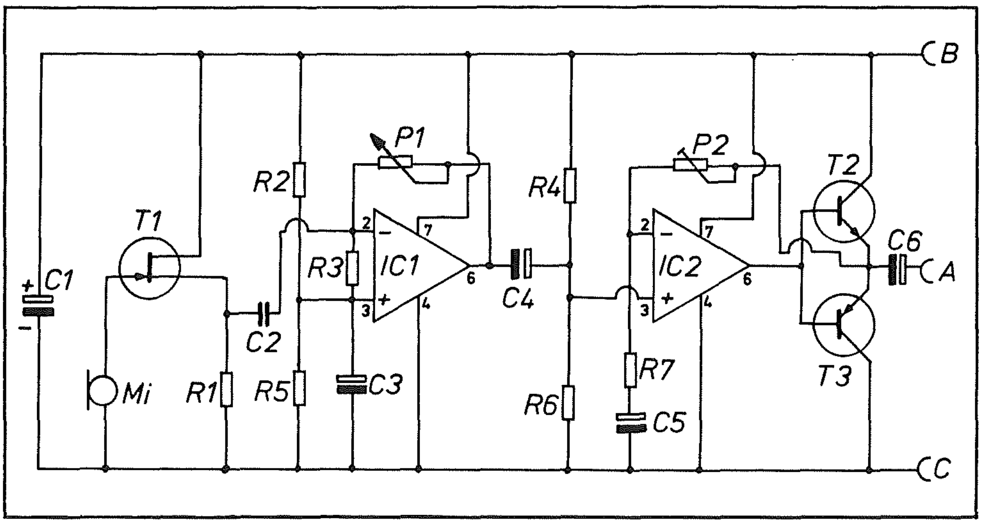
diversen

Mi	kristal-microfoon
Ls	8 Ohm, 1 W miniatuur luidspreker
Si	100 mA zekering
Tr	trafo, 2 x 6 of 1 x 12 V, 300 mA

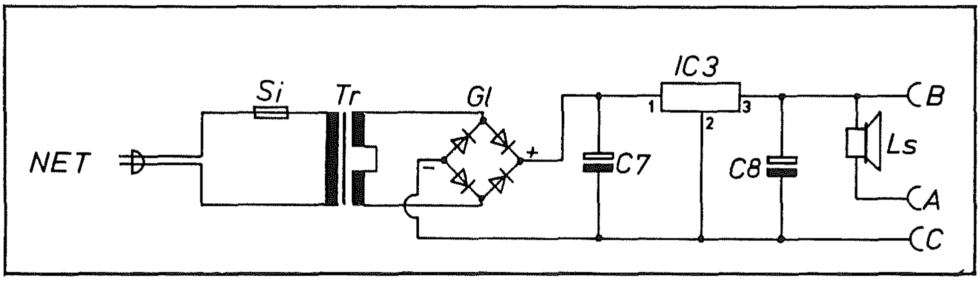
14.4 Kinderkamerbewaking

2 x 8 polige IC-voetjes
1 x print-zekeringshouder
1 x knop voor potentiometer 6 mm
1 x netkabel met aangespoten steker
1 x TEKO kastje P/2
1 x metalen inbouwkastje
1 x printplaatje, 106 x 48 mm^2
1 x printplaatje, 102 x 38 mm^2
x x meter drie-aderige kabel

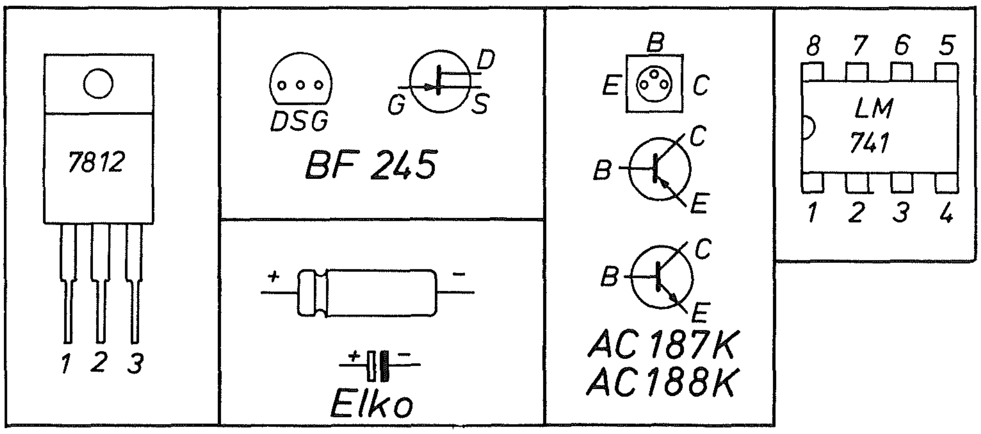
14.4 Kinderkamerbewaking



Figuur 4/14.4 -1: het schema van de "zender"

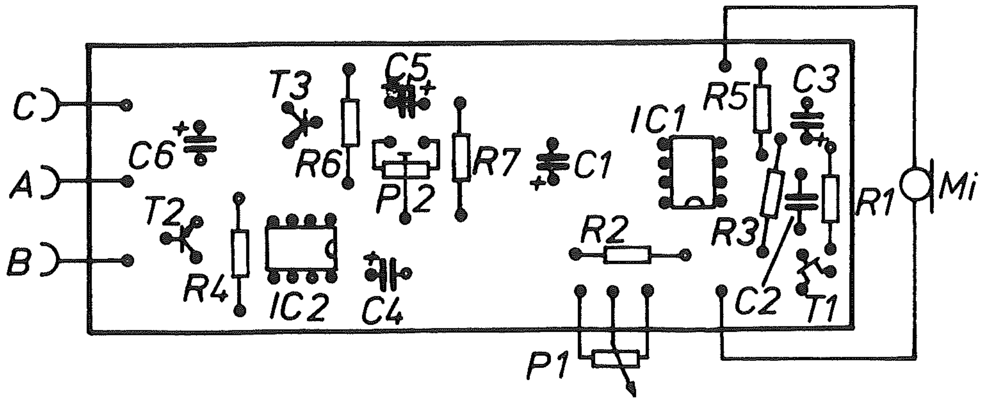


Figuur 4/14.4 -2: het schema van de "ontvanger"

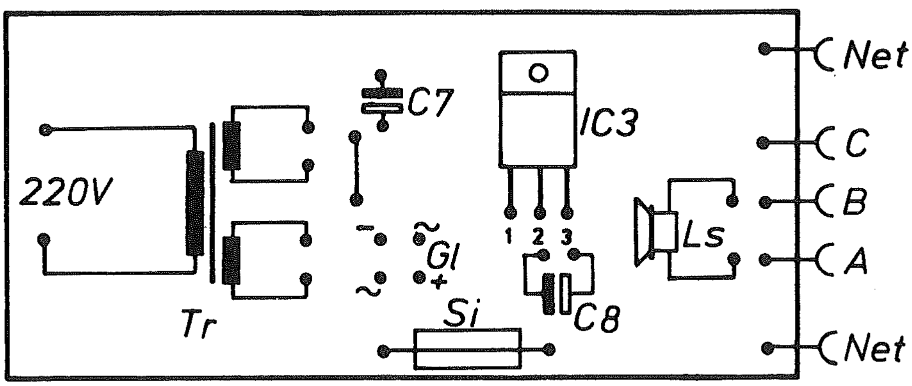


Figuur 4/14.4 -3: aansluitgegevens van de gebruikte halfgeleiders

14.4 Kinderkamerbewaking



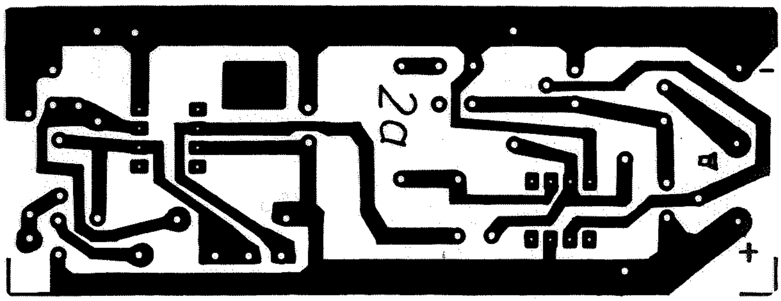
Figuur 4/14.4 -5: Bestukking print a (zenderdeel)



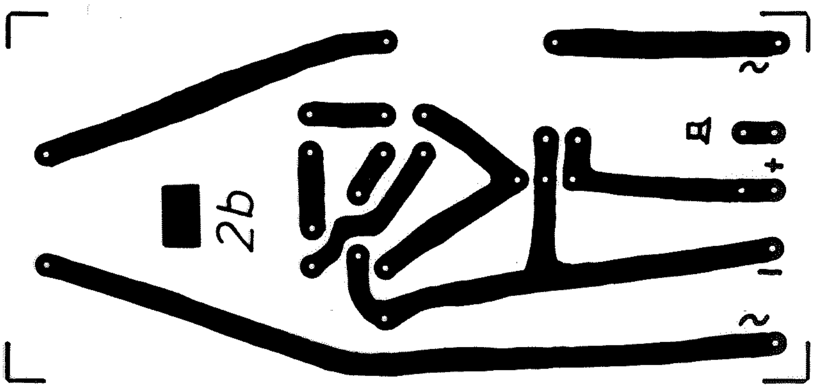
Figuur 4/14.4 -5: Bestukking print b (ontvangerdeel)

14.4 Kinderkamerbewaking

14.4 Kinderkamerbewaking



Figuur 4/14.4 -4: Print a (zenderdeel)



Figuur 4/14.4 -4: Print b (ontvangerdeel)

4/14.6

Universele personen-detector met 220 V uitgang

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een universele schakeling besproken, waarmee de aanwezigheid, of liever de beweging, van personen in een ruimte vastgesteld kan worden. De gevoeligheid van het apparaat kan ingesteld worden tussen 1 m en ongeveer 10 m, zodat de schakeling zowel bruikbaar is in privé-situaties (inbraakbeveiliging) als voor zakelijke toepassingen (kontactloze deurbel).

De schakeling heeft een relais-uitgang, die de netspanning van 220 V op de alarmuitgang zet als de schakeling de beweging van een persoon in een ruimte detecteert. Daarnaast zijn nog twee schakel-uitgangen aanwezig, waarmee extra schakelingen aangestuurd kunnen worden.

Opties

Het "Universele" in de titel van dit hoofdstuk wijst op de vele opties die men door middel van enige schakelaars kan instellen. Deze opties worden nu in het kort beschreven.

- **Optie omgevingslicht**
  Met een omschakelaar kan men instellen of het apparaat al dan niet rekening houdt met de intensiteit van het omgevingslicht. In de ene stand zal de schakeling alleen reageren als de intensiteit van het omgevingslicht onder een bepaalde, instelbare waarde is gedaald. In de andere stand van de schakelaar zal de schakeling altijd de 220 V op de alarm-uitgangen zetten. Dit is een handige optie voor het maken van een "intelligente" buitenverlichting, die alleen wordt ingeschakeld als het donker is en iemand de voordeur nadert.
- **Optie IMPULS/TRIG**
  Met een omschakelaar kan men instellen of de schakeling "hertriggerbaar" is of niet.
  Dit wordt toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 4/14.6-1. In de bovenste grafiek wordt iedere detectie van de beweging van een persoon aangegeven door een smalle positieve puls. In het getekende voorbeeld wordt dus drie keer kort achter elkaar vastgesteld dat een persoon zich heeft bewogen in de bewaakte ruimte. In de stand "IMPULS" zal de 220 V op de uitgang verschijnen bij de aanvang van de eerste puls en een bepaalde tijd op de uitgang aanwezig blijven. Als in die tijd een tweede beweging wordt geregistreerd zal de schakeling deze negeren. Een tweede puls wordt maar eerst gegenereerd als de eerste puls van de uitgang verdwenen is en een nieuwe beweging (de derde in het voorbeeld) wordt geregistreerd. In de stand "TRIG" zal de uitgangspuls echter aanwezig blijven zolang bewegingen worden geregistreerd. De tweede bewegingsdetectie wordt dus nu wél geregistreerd en heeft

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

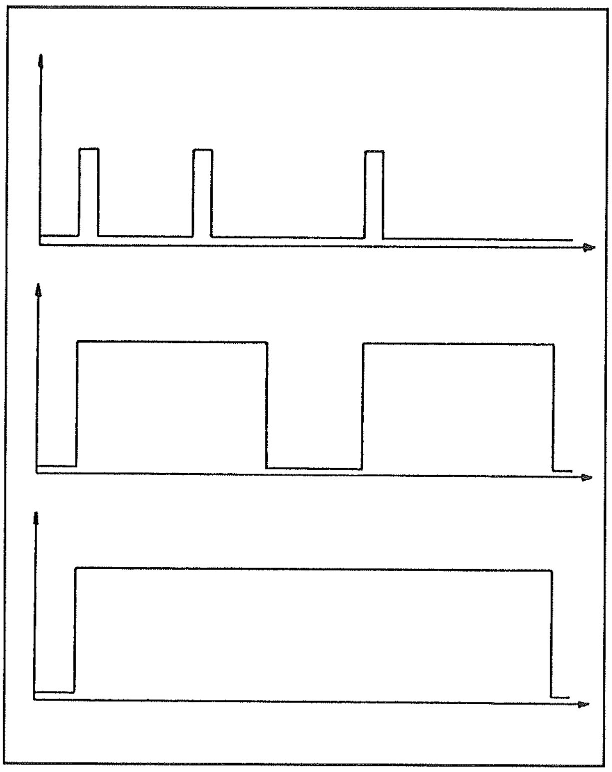
tot gevolg dat een nieuwe uitgangspuls wordt opgewekt. Omdat echter de eerste uitgangspuls nog niet verstreken was blijven de alarm-uitgangen met de 220 V van het net verbonden.

- **Optie pulsduur**
  Deze optie beschikt over vier schakelaartjes, waarmee men de breedte van de alarm-puls kan instellen tussen 1 seconde en 1 uur. De vier schakelaars leggen vier bereiken vast, met behulp van een potentiometer kan men dan in ieder bereik een gewenste pulsduur instellen.
  De vier bereiken gaan van:
  - 1 seconde tot 8 seconden;
  - 8 seconden tot 64 seconden;
  - 1 minuut tot 8 minuten;
  - 8 minuten tot 64 minuten.
- **Optie "PULS-1"**
  De schakeling heeft, naast de 220 V uitgang, nog een tweede uitgang, waarop een positieve puls van 5 V verschijnt zolang het relais is aangetrokken.
- **Optie "PULS-2"**
  Een derde uitgang levert in rust een positieve puls van 5 V af. Als het relais echter afvalt, verschijnt op deze uitgang een korte negatief gerichte puls van 0,5 ms met een logisch "L"-niveau.

Het "pyro-elektrische effect"

Het hart van de schakeling wordt gevormd door een speciale sensor die door Siemens in ontwikkeld. Deze PID11 maakt gebruik van het zogenoemde "pyro-elektrische effect". Dank zij dit effect kan men de aanwezigheid van zeer kleine hoeveelheden infrarode straling detecteren en omzetten in een meetbare spanning.

Dergelijke sensoren maken gebruik van het fysische verschijnsel dat voorwerpen die warmer zijn dan de omgevingstemperatuur een zeer kleine hoeveelheid infrarode straling uitstralen. Deze straling ligt, zoals geschreven, in het infrarode gebied en is dus voor het menselijke oog niet zichtbaar.



Figuur 4/14.6-1: De grafische toelichting op de optie "INPULS/TRIG".

De hoeveelheid straling is afhankelijk van het temperatuurverschil en van de grootte van het voorwerp. Men heeft kunnen meten dat een mens in een ruimte die een temperatuur van 20 °C heeft een gemiddeld vermogen van ongeveer 100 W uitstraalt!

De golflengte van deze straling ligt rond 10 µm. Dat is gunstig, want een gloeilamp van 100 W straalt uiteraard ook infrarode energie uit. Maar de golflengte van deze straling ligt een factor tien lager, dus rond 1 µm. Ook de infrarode straling van de zon ligt ver buiten het bereik van de men-

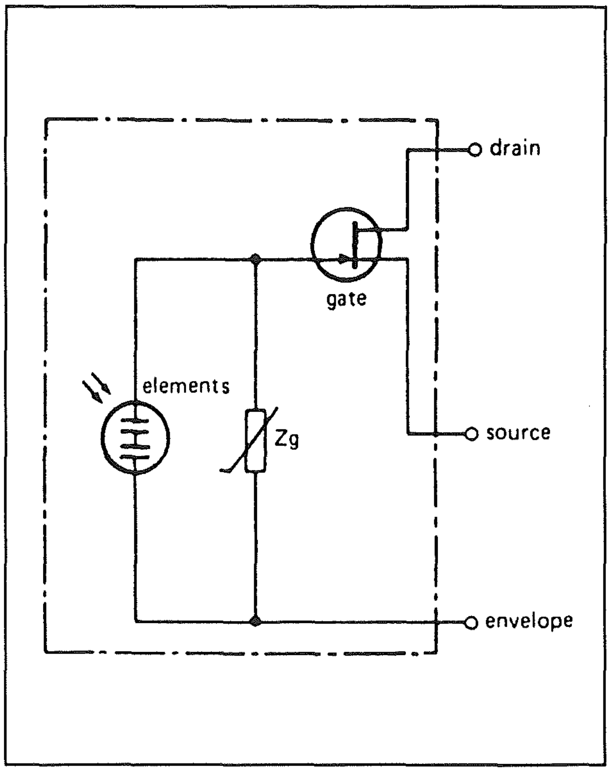
14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

selijke straling. Op deze manier kan men dus op een heel eenvoudige manier de infrarode straling die door een mens wordt uitgezonden detecteren. Het volstaat een pyro-elektrische detector te ontwikkelen die een maximale gevoeligheid heeft rond 10 µm.
Pyro-elektrische stoffen zijn isolatoren, met speciale diëlectrische eigenschappen. Het gevolg is dat de ladingstoestand van deze stoffen erg gevoelig is voor zelfs de geringste temperatuursverschillen. Deze ladingsverschillen kunnen met gevoelige elektronische versterkers omgezet worden in spanningsverschillen. Hoewel een mens dus gemiddeld 100 W infrarode energie uitzendt, zal deze energie zich heel snel in de ruimte verspreiden. Het gevolg is dat de temperatuursstijging van de pyro-elektrische stof in de detector in de meeste gevallen slechts 0,02 °C bedraagt! Toch zijn deze stoffen gevoelig genoeg om dit zeer geringe temperatuursverschil te kunnen detecteren.
Men heeft diverse stoffen ontdekt die heel goede pyro-elektrische eigenschappen in het 10 µm gebied hebben. De voornaamste zijn:

- Triglycinsulfaat, afgekort tot TGS;
- Lithiumtantalaat $LiTaO_3$;
- ceramische stoffen op basis van lood, titaan en zirconium, de zogenoemde PZT-stoffen;
- Polyvinildenyfluoride, afgekort tot PVDF.

Het is voornamelijk deze laatste stof die tegenwoordig in pyro-elektrische detectoren wordt toegepast. Deze stof kan namelijk tot zeer dunne folies verwerkt worden, waarbij gedacht moet worden aan diktes van ongeveer 10 µm.

Het is, om precies te zijn, niet zo dat dergelijke sensoren de aanwezigheid van een persoon detecteren. Staat de persoon namelijk volledig stil, dan zal de sensor geen spanning afgeven. Dat is een gevolg van de extreem hoge gevoeligheid van dergelijke sensoren. Zou men slechts één sensor toepassen, dan zou deze reageren op iedere honderdste graad wijziging in de omgevingstemperatuur en er zou van een betrouwbare detectie helemaal geen sprake zijn. Vandaar dat men werkt met twee in anti-serie geschakelde sensoren, zie figuur 4/14.6-2.

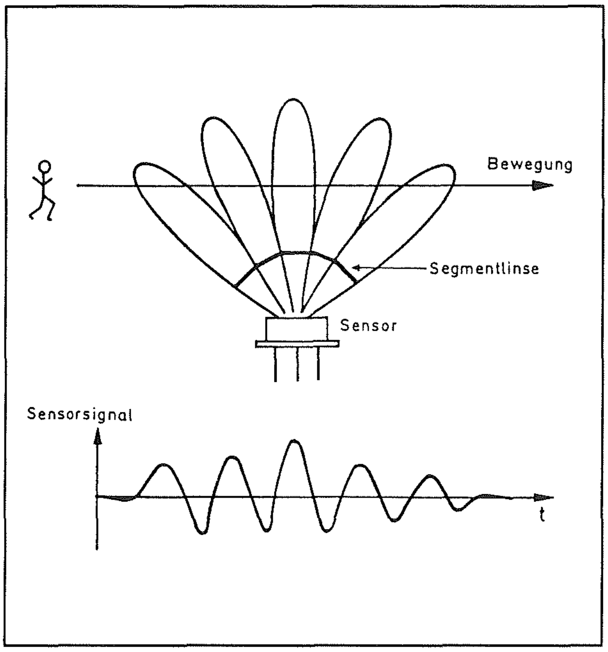


Figuur 4/14.6-2: Het vereenvoudigde elektrische schema van een pyro-elektrische sensor.

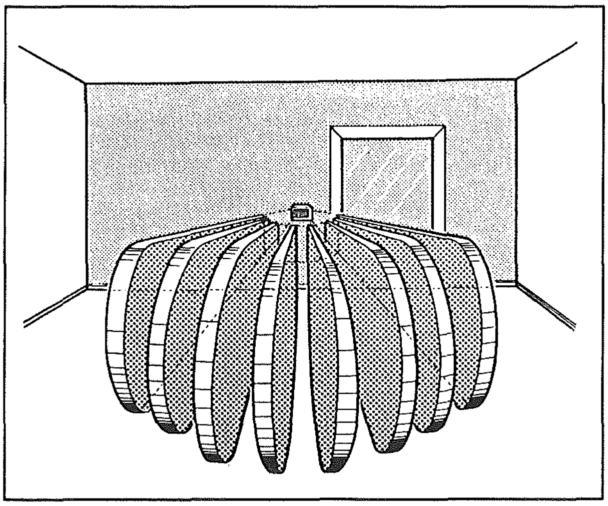
Men zorgt ervoor dat de twee sensoren heel innig thermisch gekoppeld zijn, zodat men er zeker van is dat ze beiden op dezelfde omgevingstemperatuur staan. Door middel van een speciale optiek, zie figuur 4/14.6-3, wordt de straling die van

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

de omgeving binnen komt gefocusseerd op beide sensoren.



Figuur 4/14.6-3: Door middel van een speciale lens wordt de straling van een bewegend persoon afwisselend op een van beide pyro-elektrische folies gefocusseerd.



Figuur 4/14.6-4: Door de speciale optiek en door de gesegmenteerde lenzen wordt de ruimte onzichtbaar ingedeeld in een aantal "lobben".

Als nu een persoon door de ruimte beweegt, dan zal de speciale optiek er voor zorgen dat de straling die deze persoon uitzendt, achtereenvolgens op de ene en de andere sensor terecht komt. Het gevolg is dat er kleine temperatuursverschillen tussen de sensoren ontstaan. Deze wekken kleine ladingsverschillen op, die dan weer door de ingebouwde elektronica in kleine spanningsverschillen worden omgezet. Als een persoon door de kamer beweegt zal de pyro-elektrische sensor dus een klein wisselspanningssignaal opwekken, zoals getekend in figuur 4/14.6-3.
Het systeem is zo gevoelig dat zelfs de geringste beweging van een hoofd, hand of been wordt geregistreerd.

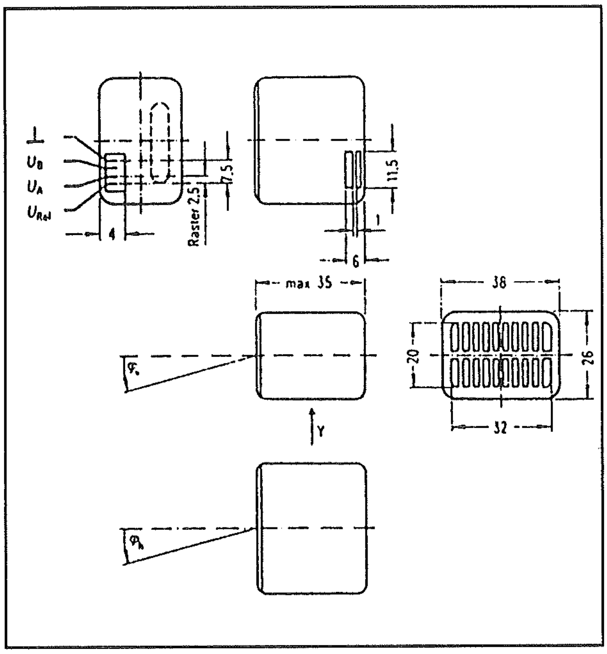
Vanwege het beschreven principe zal het duidelijk zijn dat de te bewaken ruimte wordt ingedeeld in een aantal onzichtbare "lobben". Staat een persoon in één dergelijke lob, dat zal de sensor een klein, eenmalig signaaltje opwekken. Wandelt de persoon echter van "lob" tot "lob", dan zal de sensor een duidelijk wisselende spanning afgeven, die door de achtergeschakelde elektronica versterkt kan worden. In figuur 4/14.6-4 zijn, voor de duidelijkheid, slechts acht lobben getekend. In de praktijk wordt de te bewaken ruimte echter ingedeeld in tientallen lobben, zodat het praktisch onmogelijk is zich in de ruimte te bewegen zonder minstens in twee naast elkaar gelegen "lobben" straling uit te zenden.

De PID11 van Siemens

Siemens heeft een module ontwikkeld op basis van een PVDF-folie. Deze module bevat de uit twee folies bestaande pyro-elektrische sensor, de noodzakelijke optische elementen, een voorversterker en een eindtrap. Het geheel kan op een voe-

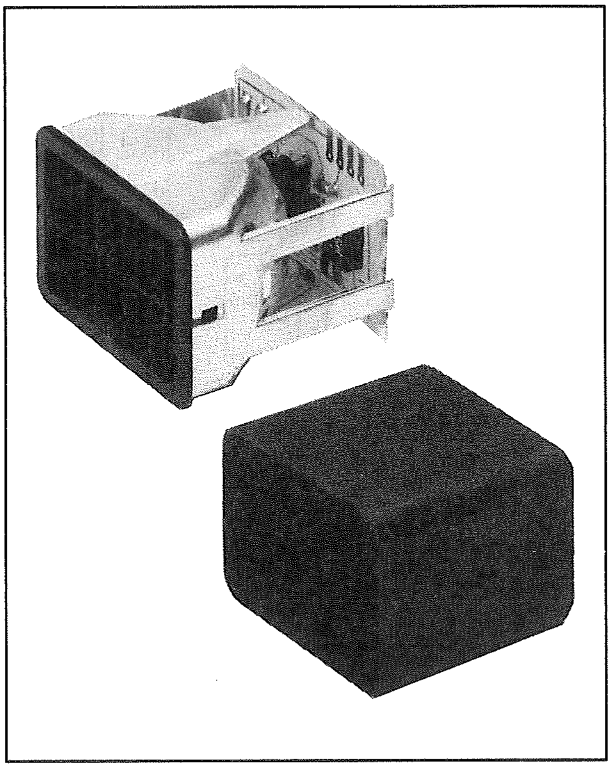
14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

dingsspanning van 5 V worden aangesloten en levert een zeer duidelijk spanningsverschil op de uitgang als een persoon in het zichtveld van de module ontdekt wordt.



Figuur 4/14.6-5: De afmetingen van de behuizing van de PID11.

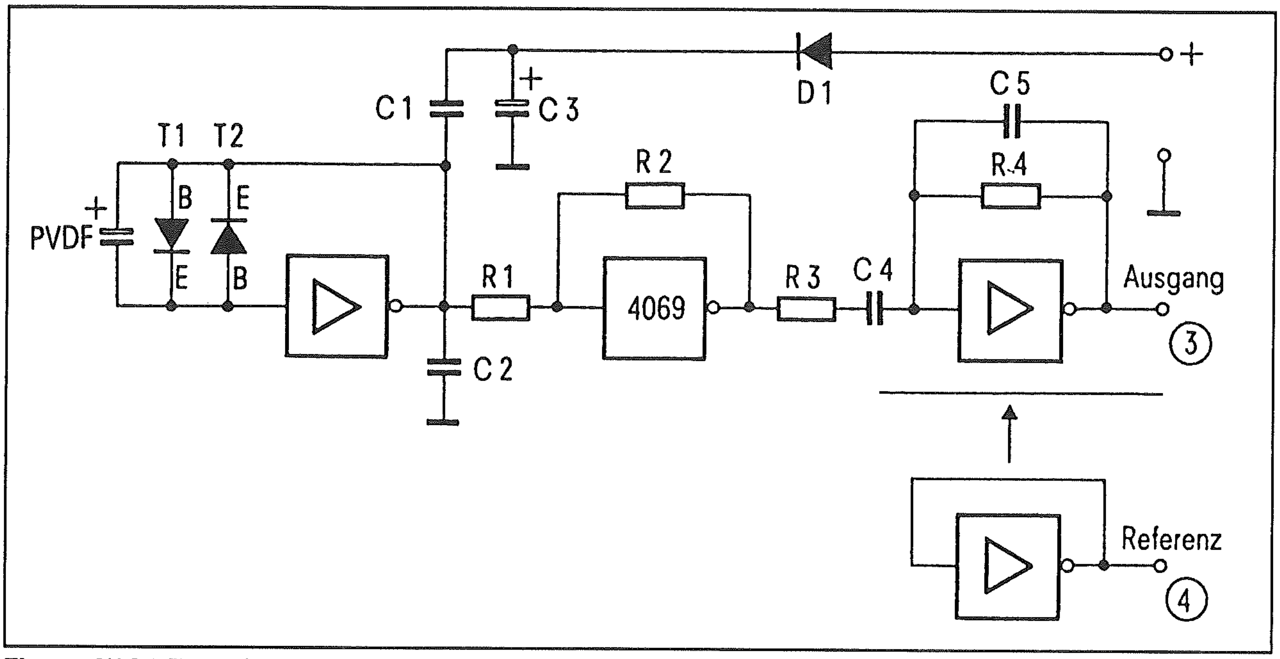
De gehele schakeling is in een klein, zwart kunststof huisje ondergebracht, dat bestaat uit *GELEIDEND* materiaal dat intern met de massa verbonden is.
Deze geleidende behuizing zorgt voor een effectieve afscherming van de zeer gevoelige elektronica tegen externe strooivelden en -spanningen.
Zeer belangrijke opmerking: men moet met dit gegeven in de praktijk goed rekening houden bij de inbouw van de PID11 module in een kastje!
De afmetingen van de PID11 zijn samengevat in figuur 4/14.6-5, de foto van figuur 4/14.6-6 van een open gesloopte sensor geeft een goed idee van de interne opbouw.



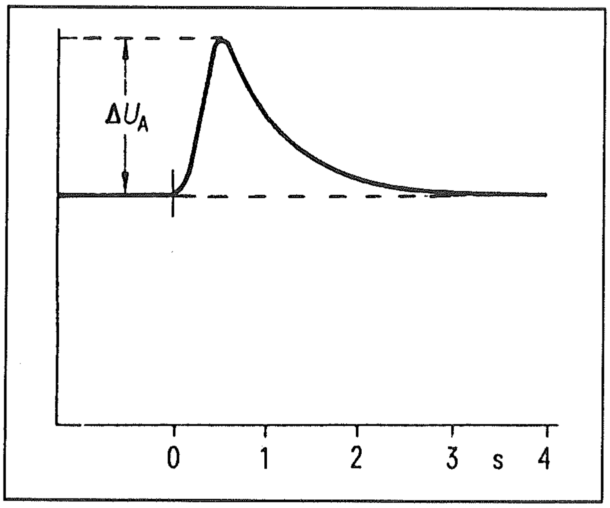
Figuur 4/14.6-6: De ingewanden van de PID11 van Siemens.

Het interne blokschema van de PID11 is getekend in figuur 4/14.6-7. De afkorting "PVDF" stelt de twee in anti-serie geschakelde sensoren voor. Deze worden overbrugd door twee dioden, die ervoor moeten zorgen dat de voorversterker niet beschadigd wordt door oversturing. De volledige elektronica is opgebouwd rond een CD4069. Dat is een COSMOS-IC, waarvan de poorten in deze schakeling als lineaire versterkers gebruikt worden. De vierde poort wekt op pen 4 een referentiespanning op. De uitgang staat ter beschikking op pen 3.
In rust, dus zonder detectie van een beweging, staat op deze pen dezelfde spanning als op pen 4. Als de detector echter een bewegend object registreert, dat warmer is dan de omgeving, zal op pen 3 een korte, positieve puls verschijnen met een vorm zoals getekend in figuur 4/14.6-8.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

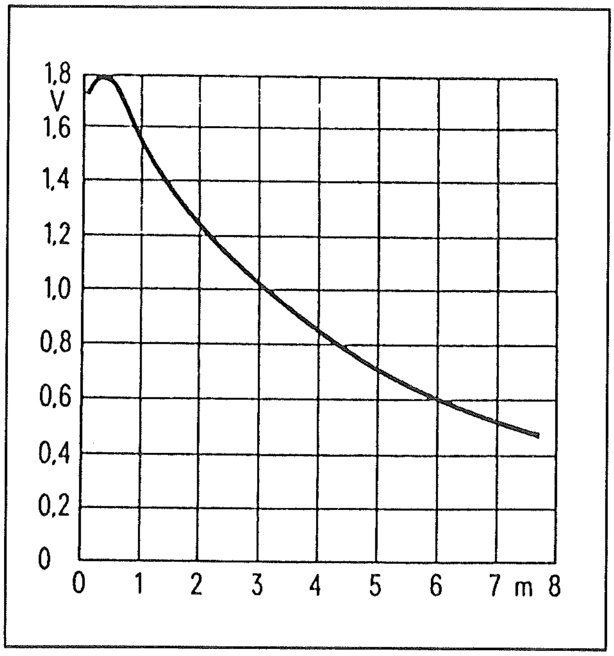


Figuur 4/14.6-7: Het interne blokschema van de PID11.



Figuur 4/14.6-8: De uitgangspuls van de PID11 als een warm bewegend object wordt gedetecteerd.

De speciale vorm van deze puls komt voor rekening van de laatste trap van de interne schakeling. Rond de derde poort is namelijk een gecombineerde integrator/differentiator samengesteld, die de smalle pulsjes, die ontstaan door de segmentlens en de beweging van de persoon, omzetten in één mooie positieve puls.



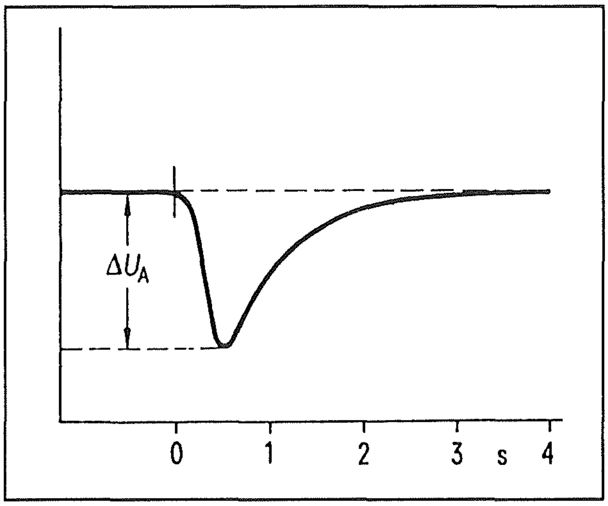
Figuur 4/14.6-9: De grootte van de uitgangspuls in functie van de afstand tussen de PID11 en het bewegend voorwerp.

De grootte van de uitgangspuls is alleen afhankelijk van de afstand tussen de sensor en het bewegend voorwerp. Tot een

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

afstand van ongeveer tien meter wordt nog een duidelijke spanningspuls van meerdere tienden van een volt gegenereerd, zie de grafiek van figuur 4/14.6-9.

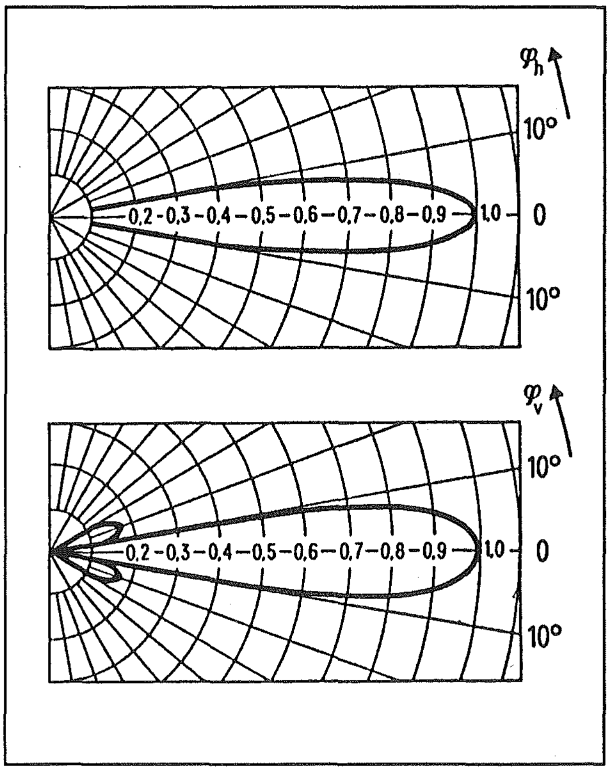
Als de detector geconfronteerd wordt met een bewegend voorwerp dat kouder is dan de omgeving, zal de schakeling een negatieve puls genereren, zie figuur 4/14.6-10.



Figuur 4/14.6-10: De uitgangsspanning bij het detecteren van een koud voorwerp.

In principe kan men dus dit verschil tussen een positieve en een negatieve puls in de praktijk toepassen om koude en warme bewegende voorwerpen te detecteren. Maar daar de ontwerpers van deze schakeling voor dit gegeven geen praktische toepassingen konden verzinnen, wordt hiervan geen gebruik gemaakt.

Tot slot van de bespreking van de PID11 van Siemens moet nog iets geschreven worden over de openingshoek van de module. Deze is vrij klein, zowel in horizontale als in vertikale richting. In figuur 4/14.6-11 zijn deze twee openingshoeken voorgesteld door respectievelijk φ_h en φ_v. Uit deze grafieken blijkt dat de module een zeer smalle openingshoek heeft, waardoor het detectie-bereik van de schakeling kan voorgesteld worden door een smalle, ruimtelijke "lob". Het is dus mogelijk de module heel selectief te richten op bijvoorbeeld een deur of een raam. Wil men de detector echter inzetten om de aanwezigheid van een persoon in een grote kamer vast te stellen, dan moet men rekening houden met deze smalle gevoeligheids-"lob" en de detector zo plaatsen dat de "lob" diagonaal door de kamer "schijnt".

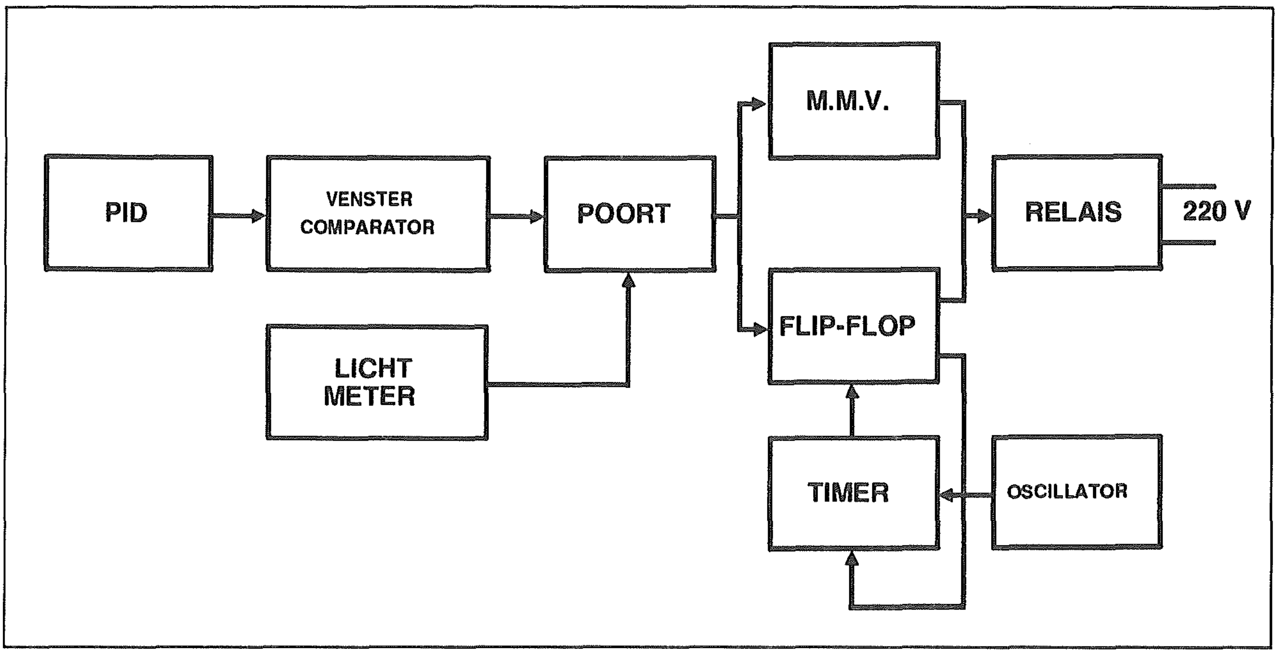


Figuur 4/14.6-11: De horizontale en vertikale gevoeligheid van de PID11.

Het blokschema van de personen-detector

Het blokschema van de ontworpen schakeling voor personen-detectie wordt voorgesteld in figuur 4/14.6-12.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang



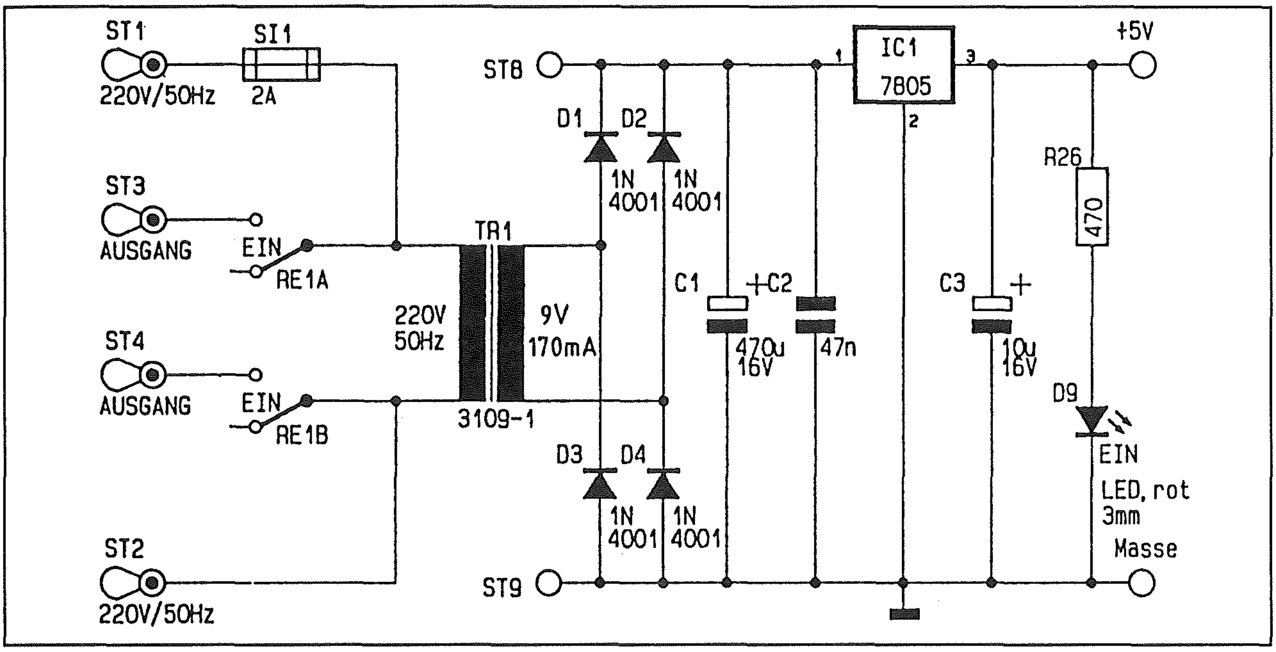
Figuur 4/14.6-12: Het blokschema van de universele personen-detector.

De PID11 wordt afgesloten met een venster-comparator. Deze vergelijkt de spanning op pen 4 met de spanning op pen 3. Als de spanning op pen 3 een bepaalde waarde groter of kleiner wordt dan de spanning op pen 4, zal de comparator een mooie positieve puls afleveren. Dank zij deze venster-comparator zal de schakeling dus zowel op warmere als op koudere bewegende voorwerpen reageren. De gevoeligheid van de venster-comparator is door middel van een instelpotentiometer af te regelen op de praktische situatie waarin de schakeling wordt toegepast. Hoewel pyro-elektrische sensoren zeer ongevoelig zijn voor valse meldingen, kan men met deze instelling de kans nog verder minimaliseren dat het alarm afgaat als een vlinder of een vlieg zich door de bewaakte ruimte beweegt!

Het uitgangssignaal van de venster-comparator wordt aangeboden aan de ingang van een poort. Deze poort wordt geopend of gesloten door het signaal dat afkomstig is van de lichtmeter. Deze schakeling werkt met een LDR en levert een positieve spanning af als de intensiteit van het omgevingslicht beneden een bepaalde, instelbare waarde daalt. Ook deze instelling gebeurt met behulp van een instelpotentiometer. Uiteraard kan het uitgangssignaal van de lichtmeter uitgeschakeld worden, met als gevolg dat de poort steeds geopend blijft.

De uitgangspuls van de poort stuurt ofwel een flip-flop, ofwel een monostabiele multivibrator. Voor de duidelijkheid van het blokschema zijn deze twee schakelingen door twee afzonderlijke blokken voorgesteld. In het praktische schema worden deze twee blokken echter door een en dezelfde schakeling gerealiseerd. Met behulp van een schakelaartje kan men omschakelen tussen flip-flop werking of werking als monostabiele multivibrator. Het zal duidelijk zijn dat de flip-flop werking wordt ingeschakeld als men de optie “IMPULS” kiest en de monostabiele werking noodzakelijk is als men kiest voor de optie “TRIG”.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang



Figuur 4/14.6-13: Het praktische schema van de voeding.

De uitgang van deze gecombineerde schakeling stuurt de eindtrap, die het relais bedient. De contacten van het relais zijn rechtstreeks in de 220 V van het net opgenomen en kunnen dus niets anders dan de 220 V van het net aanbieden aan de alarm-uitgangen.

De schakeling bevat tot slot nog een vrijlopende oscillator, die verantwoordelijk is voor het instellen van de alarmtijd. Deze oscillator stuurt een teller, die in rust in de RESET-stand wordt gehouden door de uitgangsspanning van de flip-flop of MMV. Als het alarm wordt geactiveerd gaat de uitgang van de flip-flop omklappen. De RESET-conditie van de teller wordt opgeheven, de schakeling gaat de pulsen van de oscillator tellen. Na een bepaalde, door middel van vier schakelaars en een potentiometer instelbare, tijd levert de timer een uitgangspuls af die de flip-flop of MMV weer naar de uitgangspositie dwingt. Het relais valt af, de schakeling is klaar voor een volgende activiteit.

Tot slot is er uiteraard nog een voeding, die niet is getekend, maar de +5 V levert voor het voeden van alle schakelingen.

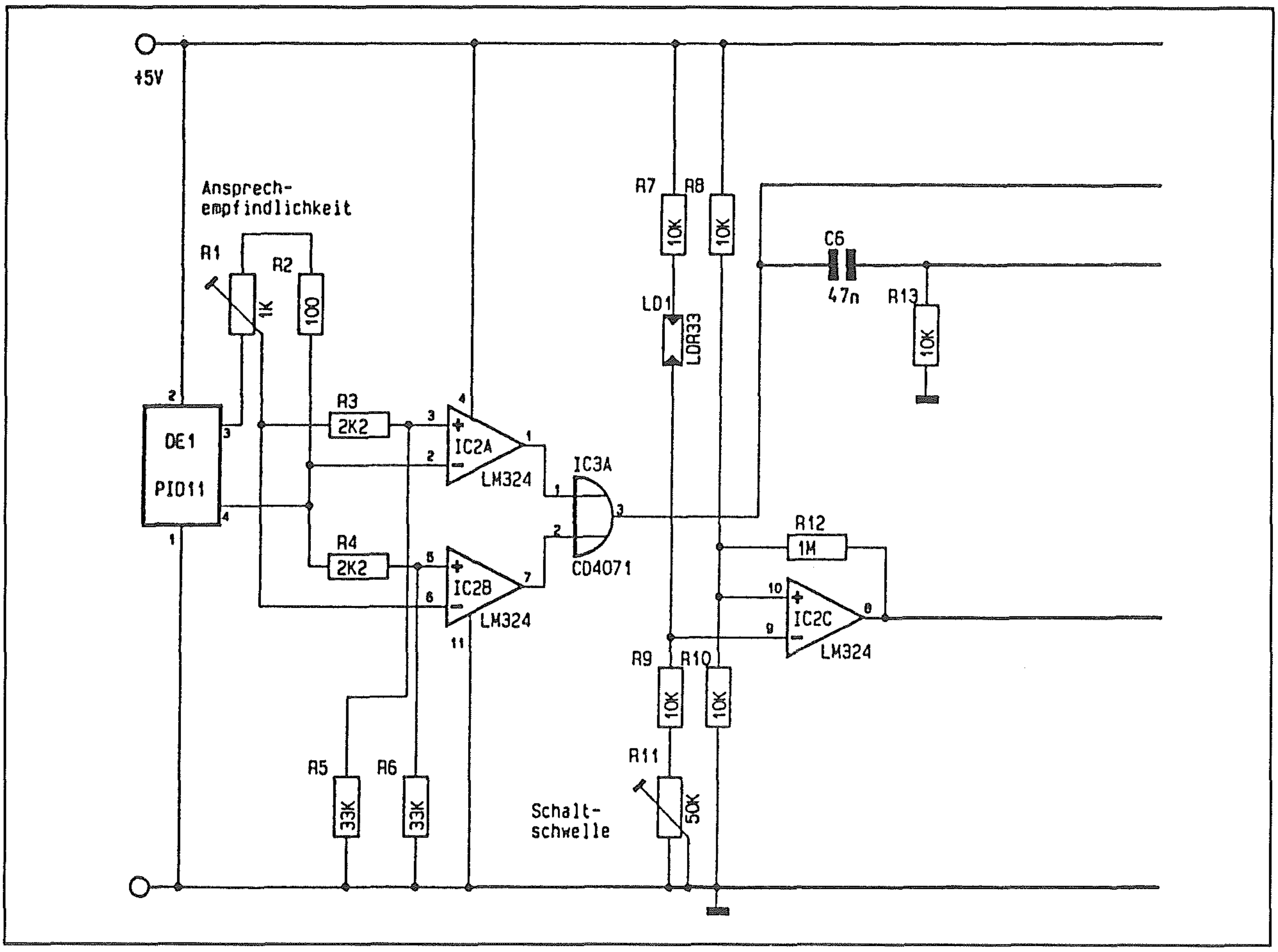
Het praktische schema van de voeding

Het praktische schema van de voeding is getekend in figuur 4/14.6-13.
De 220 V van het net gaat via een zekering van 2 A naar de primaire wikkeling van de voedingstrafo en naar de moedercontacten van de twee relaisschakelaars. Op de klemmen ST3 en ST4 staat de 220 V alarmuitgang ter beschikking.
De secundaire spanning van 9 V wordt op de standaard manier omgezet in een gestabiliseerde spanning van +5 V.

Het praktische schema van de PID- en LDR-schakelingen

Het praktische schema van de twee sensor-schakelingen, voor beweging en voor licht, is getekend in figuur 4/14.6-14.
De PID11 wordt tussen de pennen 1 en 2 gevoed met de 5 V voeding.

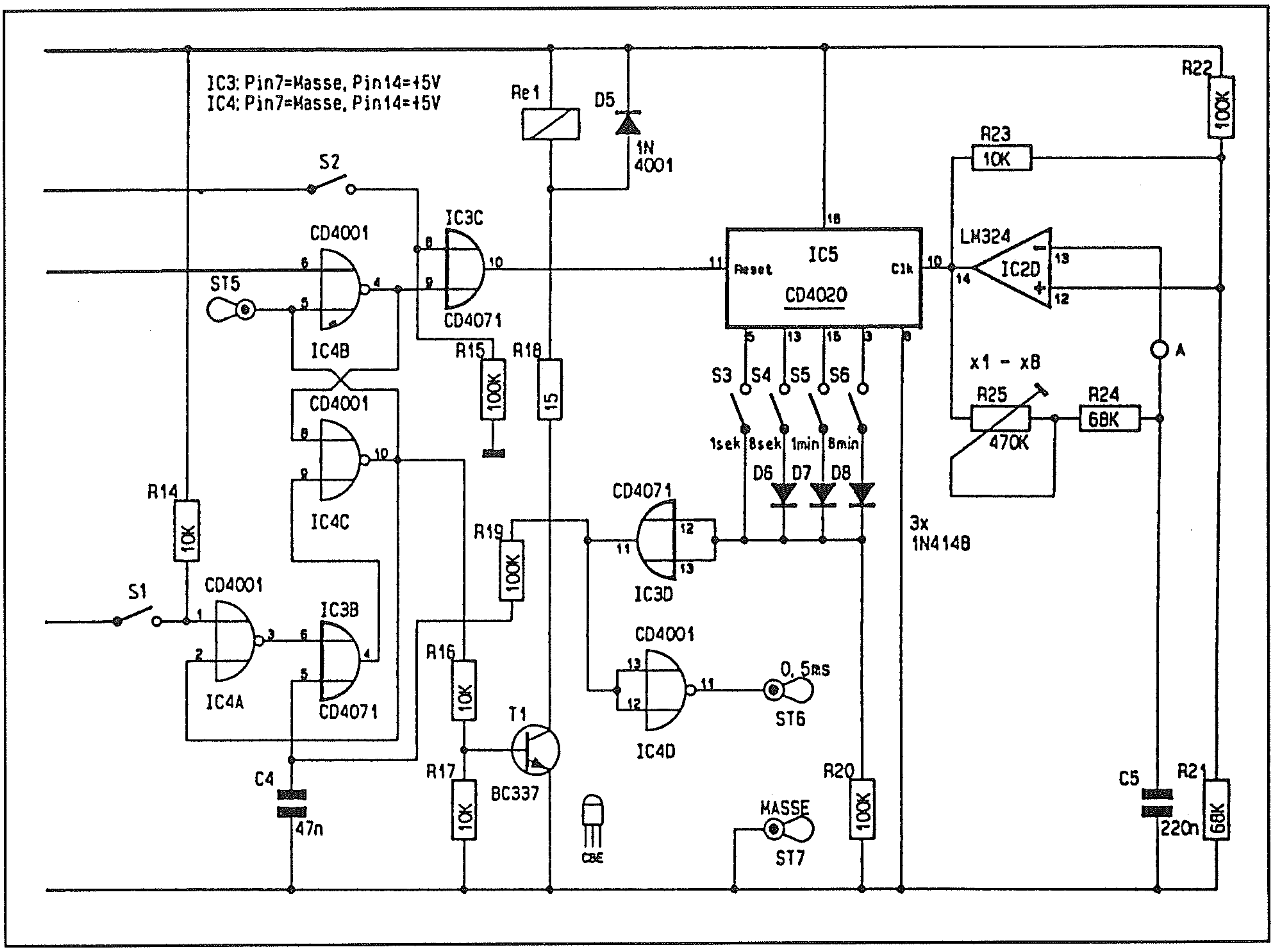
14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang



Figuur 4/14.6-14: Het praktische schema van de twee sensor-schakelingen.

De twee uitgangen op pennen 4 (referentie) en 3 (uitgang) gaan naar de ingangen van twee comparatoren IC2A en IC2B. Deze twee comparatoren vormen, samen met de OR-poort IC3A, de venster-comparator. Als de uitgang een positieve puls genereert (warm bewegend voorwerp gedetecteerd), dan gaat de uitgang van IC2A naar "H". Hetzelfde gebeurt met de uitgang van IC2B als de spanning op pen 3 lager wordt dan de spanning op pen 4 (koud bewegend voorwerp gedetecteerd). De OR-poort zorgt ervoor dat in beide gevallen een "H" ontstaat op pen 3 van IC3A. De gevoeligheid van de schakeling is in te stellen met behulp van de instelpotentiometer R1. Ligt de loper van deze potentiometer aan de uitgang van de PID11, dan is de schakeling in de gevoeligste stand ingesteld en kunnen bewegende personen tot op een afstand van ongeveer 10 meter gedetecteerd worden. De lichtintensiteitsmeter werkt op een vergelijkbare manier. Ook nu wordt de spanning op het knooppunt van een weerstandsdeler vergeleken met een vast referentieniveau. De weerstandsdeler bestaat uit de vaste weerstanden R7, R9 en R11 en de LDR LD1. De referentiespanning ontstaat op het knooppunt van de weerstandsdeler R8 en R11. Wordt de LDR belicht, dan is de spanning op de inverterende ingang van IC2C groter dan de spanning op de niet-inverterende ingang.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang



Figuur 4/14.6-15: Het praktische schema van de digitale schakeling van het personen-alarm.

De uitgang van de comparator is “L”. Als de intensiteit van de omgeving daalt zal de spanning op de inverterende ingang kleiner worden. Op een bepaald moment slaat de comparator om en levert een “H” op zijn uitgang.

Het praktische schema van de digitale schakeling

Het praktische schema van de digitale schakelingen en de relaiskring is getekend in figuur 4/14.6-15.
In wezen bestaat de schakeling uit een flip-flop, samengesteld uit de twee poorten IC4B en IC4D. De positieve puls die op de uitgang van de venster-comparator verschijnt wordt door middel van de differentiator C6/R13 (figuur 4/14.6-14) omgezet in een smalle positieve naaldpuls. Wordt de ingang van de flip-flop op pen 6 gestuurd met deze naaldpuls van de differentiator, dan gaat de uitgang pen 4 van de flip-flop naar “L”. Als de schakelaar S2 (optie “IMPULS/TRIG”) open is, dan wordt ingang 8 van de poort via de weerstand R15 op “L” gefixeerd. De poort wordt nu gestuurd met twee lage ingangen, met als gevolg dat de uitgang ook “L” is. Het gevolg is dat de RESET-ingang van IC5 ook “L” is en dat deze teller de pulsen begint te tellen die door de oscillator IC2D worden gegenereerd. Vier uitgangen van deze teller gaan via de schakelaars S3 tot en met S6 naar de buffferpoort

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

IC3D. Deze schakelaars bepalen de ingestelde alarm-tijd. In rust staan de ingangen van deze teller op "L" via de weerstand R20. Na een aantal pulsen, afhankelijk van welke schakelaar gesloten is, zal over deze weerstand een "H" ontstaan. Deze puls gaat via de bufferpoort en de weerstand R19 naar een van de ingangen van IC3B. De condensator C4 zorgt voor een kleine tijdvertraging van ongeveer 0,5 ms. Als de tweede ingang van IC3B "L" is, zal de hoge puls op ingang 5 worden doorgeschakeld naar ingang 9 van poort IC4C. De flip-flop schakelt terug naar de uitgangspositie, waardoor de uitgang op pen 10 weer naar "H" gaat en de teller gereset wordt.

Gedurende deze hele beschreven cyclus staat de tweede uitgang van de flip-flop (pen 10 van IC4C) op "H". Deze hoge spanning stuurt via de weerstand R16 de transistor T1 in geleiding. Deze schakelt het relais in, dat de alarm-uitgangen voorziet van 220 V.
Levert de PID11 weer een impuls af, dan gaat de ingang op pen 6 van poort IC4B weer naar "H" en wordt een nieuwe alarmcyclus gestart.

Als men echter de schakelaar S2 sluit, dan gaat ingang pen 8 van de poort IC3C naar "H" als de venster-comparator een hoge puls levert. Het gevolg is dat de uitgang van deze poort (pen 10) ook "H" wordt en de RESET-ingang van de teller IC5 "H" blijft. De flip-flop klapt dus nu wel om en het relais wordt gestuurd, maar de teller wordt niet vrijgegeven. Dat gebeurt eerst op het moment dat de uitgangspuls van de PID11 wegvalt. Pen 8 van IC8C gaat dan immers naar "L" en de RESET-ingang van de teller volgt deze spanningssprong. Op dat moment begint de ingestelde tijd af te tellen. Maar als de PID-11 in deze tijd een nieuwe puls afgeeft, gaat ingang 8 van IC3C weer naar "H", met als gevolg dat de teller weer wordt gereset. Met gesloten schakelaar S2 wordt de teller dus iedere keer als de PID11 een puls afgeeft gereset. De alarm-uitgangen blijven dus geactiveerd totdat geen nieuwe pulsen meer van de PID11 komen en totdat de ingestelde alarm-tijd is afgeteld door de teller.

Op de uitgang ST5 staat gedurende de alarmtijd een "H", die kan gebruikt worden voor het aansturen van externe schakelingen. Dit signaal is uiteraard volledig TTL-compatible en moet dan ook als dusdanig behandeld worden. De fan-out van deze uitgang is gelijk aan 1 en mag dus niet al te zwaar belast worden. Als de telcyclus van de teller is afgelopen zal op uitgang ST6 een ongeveer 0,5 ms durende negatief gerichte impuls ontstaan.

De oscillator is op de bekende manier samengesteld uit een integrator (R25, R24 en C5) en een als comparator geschakelde operationele versterker IC2D. De niet-inverterende ingang wordt door middel van de weerstandsdeler R21/R22 ingesteld op ongeveer de helft van de voedingsspanning. Als de schakeling met de voeding wordt verbonden is de condensator C5 volledig ontladen. De inverterende ingang staat dus op een lagere spanning dan de niet-inverterende ingang. De uitgang van de comparator gaat naar "H". De condensator C5 gaat nu naar deze hoge spanning opladen via de twee weerstanden R24 en R25. Na enige tijd wordt de spanning over de condensator gelijk aan de spanning op de niet-inverterende ingang. De comparator klapt om, de uitgang gaat naar "L" en de condensator gaat ontladen. De weerstand R23 zorgt er nu

voor dat de spanning op de niet-inverterende ingang iets lager wordt. Als de condensator ontladen is tot deze iets lagere spanning klapt de comparator weer om en een nieuwe cyclus start. De schakeling levert dus een mooie blokpuls af, die gebruikt wordt om de tel-ingang van de teller IC5 te sturen. Met de instelpotentiometer R25 kan de frequentie van de oscillator ingesteld worden tussen 2 Hz en 16 Hz.

Tot slot nog de invloed van de omgevingslicht detector. Als men de schakelaar S1 sluit is deze optie geactiveerd. Is de omgevingsintensiteit hoog (daglicht), dan levert de comparator IC2C een "L" aan ingang 1 van IC4A. Beide ingangen zijn dan "L", met als gevolg dat de uitgang naar "H" gaat. De OR-poort IC3B koppelt dit signaal door naar de reset-ingang van de flip-flop (pen 9 van IC4C). Het gevolg is dat deze flip-flop niet geset kan worden en de schakeling niet geactiveerd wordt.
Als echter de intensiteit van het omgevingslicht afneemt (nachtelijke situatie) levert de comparator IC2C een "H" aan poort IC4A. De schakeling werkt nu als beschreven.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:

R2	=	100	Ω
R3,R4	=	2,2	kΩ
R5,R6	=	33	kΩ
R7,R8,R9,R10,R13,R14,			
R16,R17,R23	=	10	kΩ
R12	=	1	MΩ
R15,R19,R20,			
R22	=	100	kΩ
R18	=	15	Ω
R21,R24	=	68	kΩ
R26	=	470	Ω

Instelpotentiometers:

R1	=	1	kΩ	staand
R11	=	50	kΩ	liggend
R25	=	470	kΩ	liggend

Condensatoren:

C1	=	470	µF	16 V elco
C2,C4,C6	=	47	nF	MKH
C3	=	10	µF	16 V elco
C5	=	220	nF	MKH

Halfgeleiders:

D1,D2,D3,D4,D5	=	1N4001
D6,D7,D8	=	1N4148
D9	=	LED rood 3 mm
T1	=	BC337
IC1	=	7805
IC2	=	LM324
IC3	=	CD4071
IC4	=	CD4001
IC5	=	CD4020

Diversen:

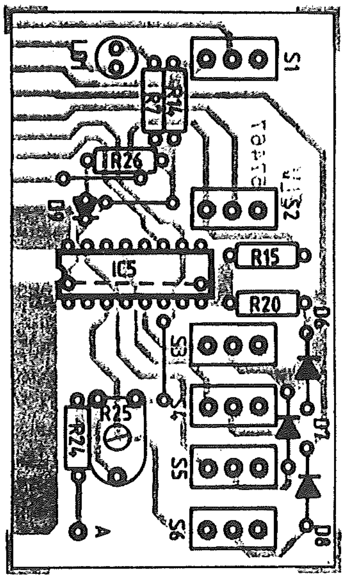
LD1	=	LDR33
DE1	=	PID11
Tr1	=	9 V, 170 mA trafo
Re1	=	Omron relais, 3,6 V
Si1	=	2 A zekering traag

1 x printzekeringhouder
9 x printsoldeerlipje
6 x schuifschakelaars 1xOM

De bouw van de schakeling
De volledige elektronica kan ondergebracht worden op twee kleine printjes, die op de transparante pagina staan afgebeeld op schaal 1/1.

Alle bedieningsorganen zijn ondergebracht op het kleinste printje. De componentenopstelling hiervan is getekend in figuur 4/14.6-18. Na het aanbrengen van de drie draadbruggen kunnen alle onderdelen op dit printje worden gemonteerd.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

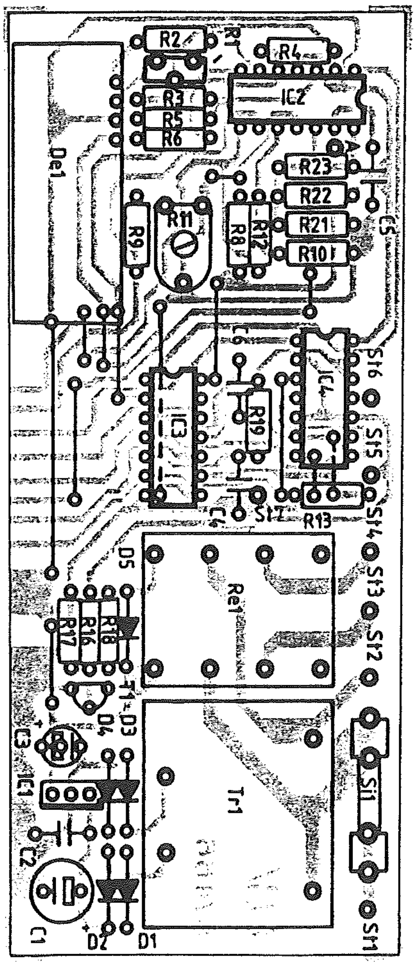


Figuur 4/14.6-18: De print voor de zes bedieningsschakelaars, de indicatie-LED, de LDR en de instelpotentiometer R25.

De rest van de schakeling is ondergebracht op de grotere print, waarvan de componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.6-19. Na het aanbrengen van de tien draadbruggen kan men alle overige componenten solderen, op de PID11 na.

Na zorgvuldige controle van de twee printen kunnen deze tegen elkaar bevestigd worden. De kleine print wordt loodrecht tegen de voorzijde van de grote print gemonteerd. Daarbij moet de rand van de kleine print ongeveer 1,5 mm uitsteken. Op deze manier kan men de tien printsporen, die nu mooi samenvallen, vertinnen en aan elkaar vast solderen.

De twee grote koperen vlakken moeten helemaal opgevuld worden met tin, want deze verbinding geeft de printencombinatie de noodzakelijke mechanische stevigheid!



Figuur 4/14.6-19: De grotere print bevat de voeding, de PID11, de twee comparatoren, het relais en de digitale elektronica.

Tot slot van de bouw wordt de PID11 met behulp van vier 15 mm lange stevige draadjes op de hoofdprint bevestigd. De module zit nu netjes naast de bedieningsprint, zodat het apparaatje tot één handig geheel is samengebouwd.

De eindmontage

Uiteraard moet de printencombinatie in een kastje gemonteerd worden. Wat voor

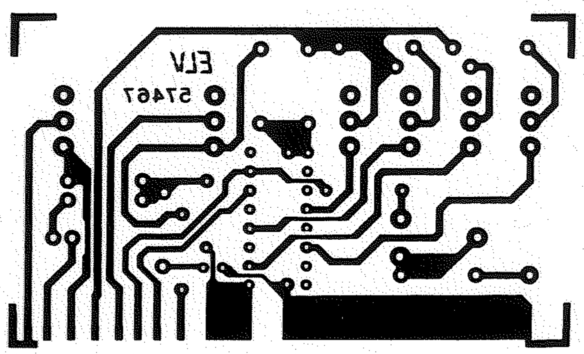
14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

kastje dat is hangt volledig af van de toepassing die men voor de personen-detector voor ogen heeft. In ieder geval moet men er rekening mee houden dat de printen met de netspanning verbonden zijn en dat men dus alle noodzakelijke elektrische veiligheidseisen in acht moet nemen!
De schakeling kan dus echt niet in de buitenlucht worden gemonteerd vanwege de daar heersende vochtigheid!

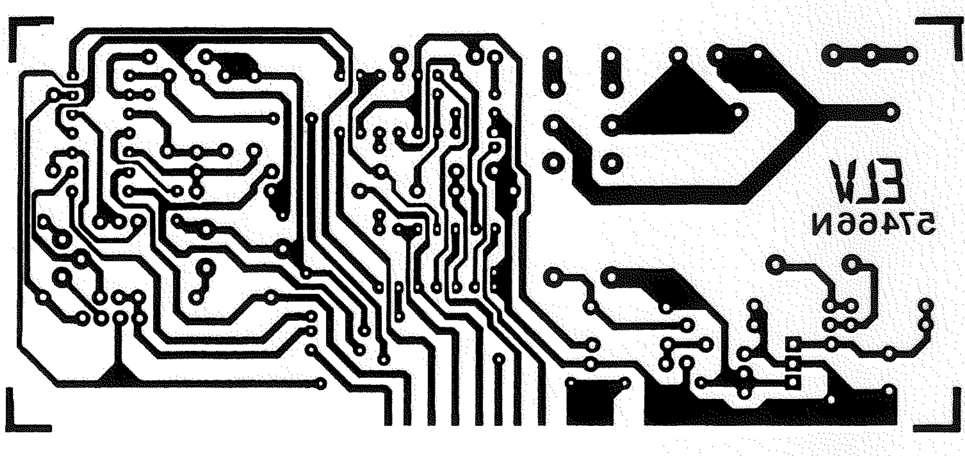
Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze universele personen-detector in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de twee printen en een op maat gemaakte behuizing, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode PID1000. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang

14.6 Universele personen-detector met 220 V uitgang



Figuur 4/14.6-16: De print voor de bedieningscomponenten.



Figuur 4/14.6-17: De print voor de digitale elektronica en de voeding.

4/14.7

Ultrasone bewegings-detector

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling bestaat uit een ultrasone zender en een daaraan gekoppelde ultrasone ontvanger. De zender straalt pulserende geluiden uit met een frequentie van ongeveer 34 kHz. Is er in de ruimte waarin de schakeling staat opgesteld een reflecterend object aanwezig, dan zal een gedeelte van het signaal worden teruggekaatst naar de ontvanger. Dit geluid wordt opgevangen door een ultrasone transducer, versterkt, omgezet in een digitaal signaal en gebruikt voor het bekrachtigen van een relais.

De schakeling kan voor verschillende toepassingen worden gebruikt. Een van de meest voor de hand liggende applicaties is het automatisch openen van een elektrisch aangedreven deur als er een persoon in de deur-opening verschijnt.

De schakeling

De volledige schakeling is getekend in figuur 4/14.7 -1.
De zender is opgebouwd rond een C-MOS IC CD 4060. Dit IC bevat een geïntegreerde oscillator en 14 tweedelers. De oscillator is op de bij C-MOS gebruikelijke manier samengesteld uit twee inverters, waarbij een terugkoppeling tussen de uitgang van de tweede poort en de ingang van de eerste poort zorgt voor het in stand houden van de oscillatie. Tussen de uitgang van de tweede poort (pen 9) en de ingang van de eerste poort (pen 11) is de oscillatie-condensator van 100 pF aangebracht, een resistieve terugkoppeling tussen de in- en de uitgang van de eerste poort bepaalt mede de frequentie. Men kan deze frequentie met behulp van de 100 k-Ohm trimmer afregelen op 68,6 kHz. Het signaal van de oscillator staat ter beschikking op pen 9. De uitgang van de oscillator wordt echter in het IC zélf ook nog eens aangeboden aan 14 in serie geschakelde twee-delers. Pen 2 is verbonden met de uitgang van de dertiende delertrap, op deze uitgang vindt men dus het oscillator-signaal terug met een frequentie die gedeeld is door $2^{13} = 8192$. Hetgeen neerkomt op een signaal van ongeveer 8 Hz.
De oscillator-uitgang wordt daarnaast extern aangeboden aan de ingang van een 4-bits deler (CD 4520) en dit IC deelt de frequentie van het signaal door twee. Op de uitgang van de eerste flipflop (pen 3) staat een blokgolf met een frequentie van 34,3 kHz ter beschikking.

4.14.7 Ultrasone bewegings-detector

Zoals reeds gezegd in de inleiding wordt de zender niet continu ingeschakeld. Men zou dan immers niet in staat zijn het kleine teruggekaatste signaal in de ontvanger te scheiden van de directe instraling van de zender!
Vandaar dat de 8 Hz blokgolf een monostabiele multivibrator stuurt, die een positieve puls met een breedte van ongeveer 300 μs genereert. Deze schakeling maakt gebruik van een type-D flipflop uit een CD 4013. De werking is als volgt. Het 8 Hz signaal wordt aangeboden aan de clock-ingang van de flip-flop. De D-ingang is echter rechtstreeks verbonden met de geïnverteerde uitgang (pen 2). De reset (pen 4) ligt via een integrerend netwerkje (100 k-Ohm/ 6,8 nF) aan de Q-uitgang. In rust in Q "L" en Q-niet "H". De D-ingang is dus "H" en bij de eerstvolgende voorflank van het 8 Hz signaal (verschijnt op de clock) zal de Q-uitgang de hoge informatie van de D-ingang overnemen. De reset wordt nu echter langzaam positief, dit vanwege het opladen van de 6,8 nF condensator via de 100 k-Ohm weerstand. Na ongeveer 300 μs bereikt de spanning op de reset-ingang de actieve "H"-waarde. De flip-flop reset, Q wordt weer "L". Bij iedere voorflank van de 8 Hz puls verschijnt er dus een smalle positieve puls op de uitgang van de flip-flop.
Deze puls stuurt via twee NAND-poorten (CD 4011) het ultrasone signaal naar de eindtrap van de zender. De zender straalt dus korte "bursts" uit met een frequentie van 32,3 kHz.

De eindtrap is samengesteld uit een transistor met een spaartransformator als belasting. Het signaal wordt opgetransformeerd tot ongeveer 200 V piek-tot-piek en stuurt rechtstreeks de ultrasone transducer.

De weerstanden- en diode-schakeling rondom de CD 4520 zorgt voor een synchronisatie tussen de 8 Hz en de 32,3 kHz signalen.

De gereflecteerde geluids-golven worden opgevangen door een tweede ultrasone transducer. Het uitgangssignaal van dit onderdeel wordt versterkt, gedigitaliseerd en aan de tweede helft van het CD 4013 IC aangeboden.
Het versterken en omzetten in een digitaal signaal wordt verzorgd door een TDA 4050, een IC dat speciaal is ontwikkeld voor het bewerken van kleine signalen van infrarode afstandsbedieningen, maar dat met even veel succes kan worden ingezet voor ultrasone frequenties. De TDA 4050 levert positieve pulsen af, die worden aangeboden aan de clock-ingang (pen 11) van de tweede flipflop uit de CD 4013. De reset-ingang (pen 10) is echter rechtstreeks verbonden met de Q-uitgang van de zender-flipflop. Zolang de zender een signaal uitstraalt, zal dus de Q-uitgang van de ontvanger-flip-flop "L" zijn. De D-ingang gaat via een vertragend netwerkje (22 nF/100 k-Ohm) naar de voeding en via een weerstand van 4,7 k-Ohm naar de Q-niet uitgang van de zender-flip-flop. Tijdens de zend-burst is deze uitgang "L" en de D-ingang van de ontvanger-flip-flop wordt ook "L", want de 1 N 4148 diode die in serie is geschakeld met de 4,7 k-Ohm weerstand geleidt.
Na het wegvallen van de zender-burst gaat deze diode sperren en de spanning op de D-ingang gaat nu langzaam stijgen vanwege het reeds genoemde vertragend netwerkje.
Als de spanning de actieve "H"-drempel bereikt en er op dat moment nog een ontvanger-signaal op de clock-ingang aan-

4.14.7 Ultrasone bewegings-detector

wezig is, dan zal de flip-flop omslaan en de hoge Q-uitgang stuurt via de transistor BC 517 het relais. Deze cyclus wordt bij iedere burst-puls herhaald. De Q-uitgang voert dus geen constant hoog signaal en om het klapperen van het relais te voorkomen is tussen de flip-flop uitgang en de basis van de relais-transistor een diode-elco netwerkje opgenomen.

De bouw van de schakeling

De schakeling kan worden ondergebracht op de twee printjes van figuur 4/14.7 -2.
Het kleine ontvanger-printje wordt losgezaagd van de grote zender-print en samen met de ontvangende ultrasone transducer in een afgeschermd kastje ondergebracht. Om rechtstreekse akoestische overdracht van het signaal te vermijden verdient het bovendien aanbeveling de print niet in het kastje vast te schroeven maar door middel van een dun laagje schuimrubber op zijn plaats te bevestigen. Natuurlijk mag het schuimrubber de gevoelige kant van de transducer niet afschermen!
De verbindingen tussen zender en ontvanger moeten met afgeschermde draad worden uitgevoerd, terwijl het aanbeveling verdient de voedings-leiding te ontkoppelen via een klein spoeltje en een doorvoer-condensator.
De print is voorzien van een kleine gelijkrichter-brug en een afvlak-condensator van 250 μF, zodat men rechtstreeks de 12 V secundaire spanning van een kleine voedings-trafo op de print kan aansluiten.

De spaartransformator van de zender bestaat uit in totaal 750 windingen gelakte koperdraad van 0,1 rondom een schaalkerntje. Dit spoeltje is echter niet kritisch!

4.14.7 Ultrasone bewegings-detector

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/3 W, 5%

1 x 100 Ohm
4 x 2,2 k-Ohm
2 x 3,9 k-Ohm
3 x 4,7 k-Ohm
1 x 10 k-Ohm
1 x 56 k-Ohm
4 x 100 k-Ohm
2 x 220 k-Ohm

Trimmer, liggend

1 x 100 k-Ohm

Condensatoren

1 x 100 pF, keramisch
2 x 1 nF, MKM
1 x 2,7 nF, MKM
1 x 4,7 nF, MKM
1 x 6,8 nF, MKM
2 x 22 nF, MKM
1 x 47 nF, MKM
2 x 100 nF, MKM
2 x 330 nF, MKM
1 x 680 nF, MKM
2 x 1 μF, elco, 25 V
2 x 4,7 μF, 25 V
1 x 250 μF, 25 V

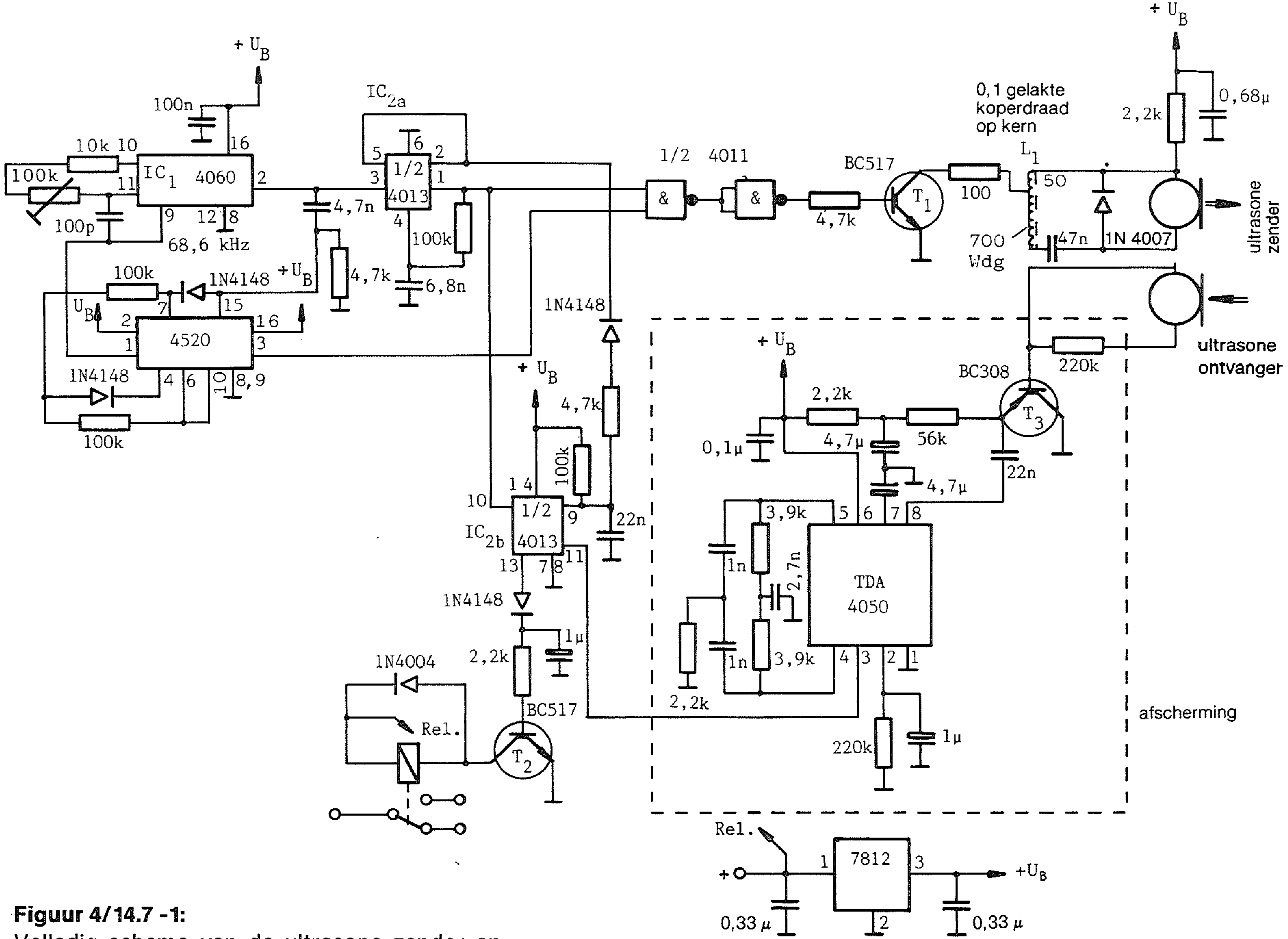
Halfgeleiders

1 x B 40 C 800
4 x 1 N 4148
1 x 1 N 4004
1 x 1 N 4007
2 x BC 517
1 x BC 308
1 x μA 7812
1 x CD 4011 BE
1 x CD 4013 BE
1 x CD 4060 BE
1 x CD 4520 BE
1 x TDA 4050

Diversen

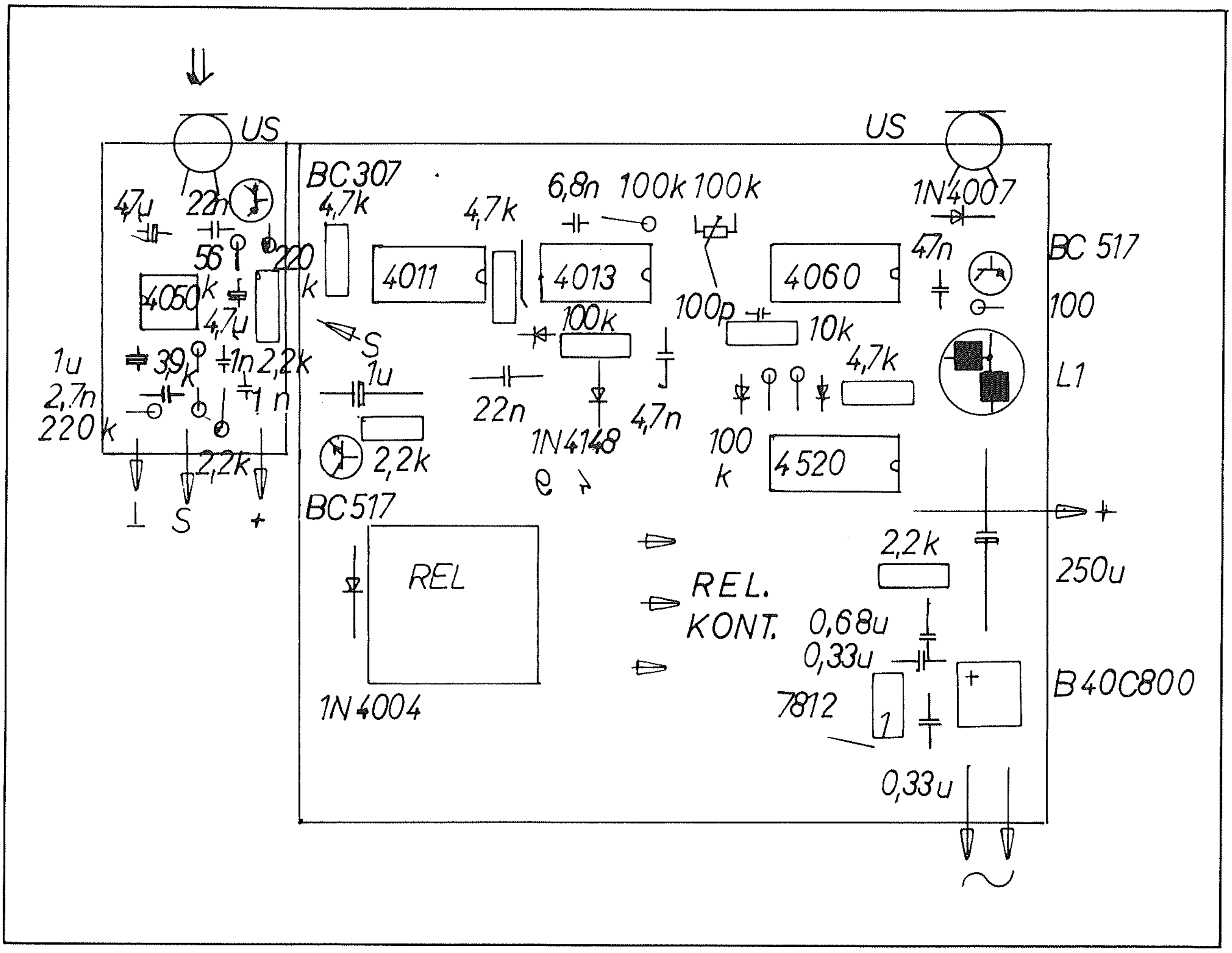
2 x ultrasone transducer
1 x spoeltje, zelf te wikkelen
1 x 12 V relais, 1 x om

4.14.7 Ultrasone bewegings-detector



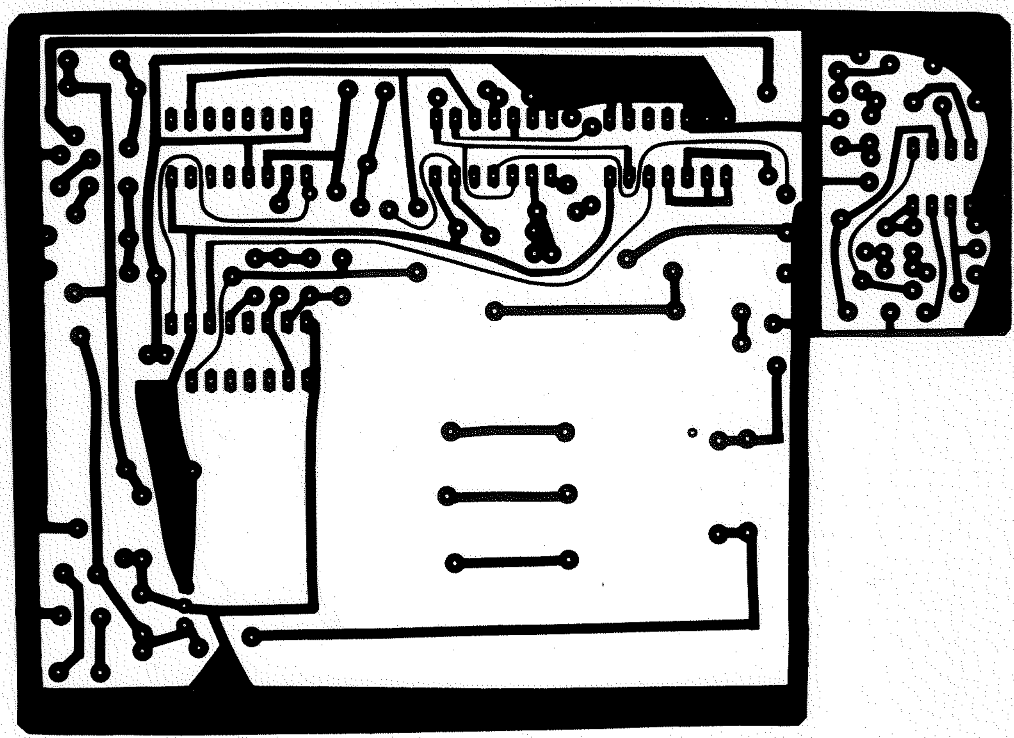
Figuur 4/14.7 -1:
Volledig schema van de ultrasone zender en ontvanger.

4.14.7 Ultrasone bewegings-detector



Figuur 4/14.7 -3: Bestukkings-tekening

14.7 Ultrasone bewegings-detector



Figuur 4/14.7 -2: Print-ontwerp

4/14.8

Lichtslangsturing

Een lichtslangsturing is te gebruiken voor decoratieve toepassingen en voor lichteffecten. Het alom bekende effect van de wandelende lichten ontstaat doordat minstens drie series lampen om de beurt oplichten. Het effect bestaat weliswaar ook bij twee series, alleen is in dat geval de looprichting niet gedefinieerd. Het effect wordt veel vloeiender als er vier series lampen worden gebruikt en zeker als die dan ook nog van een verschillende kleur zijn.

De werking van de schakeling

Het hart van de schakeling wordt gevormd door IC3. Dit is een 1 uit 4 decoder. Het IC stuurt afhankelijk van de aan de ingangen A en B aangeboden code een der uitgangen Q1 tot Q4 aan. Het IC heeft 2 sets uitgangen. Wanneer men de ingangen A en B aansluit op een teller die een BCD-code genereert, dan zullen de uitgangen Q1 tot en met Q4 beurtelings laag worden. Er loopt als het ware een logische nul langs de vier uitgangen. De flip-flops worden in dit geval gevormd door de beide als teller geschakelde D-flip-flops van IC2. IC1 vormt de klok van de flip-flop. De frequentie is regelbaar met de potentiometer. Zoals eerder gezegd loopt er een logische nul langs de uitgangen. Dat heeft tot gevolg, dat er eigenlijk een schaduw loopt in plaats van licht. IC4 zorgt voor het inverteren van de uitgangen, zodat dat probleem ook weer is opgelost. De overige uitgangen van IC3 kunnen worden gebruikt voor een controle-display met LED's. De aansluiting is duidelijk in het schema te zien.

De aansturing van de lampen

De stuurschakeling levert slechts een weinig belastbare stuurspanning die niet rechtstreeks gebruikt kan worden voor gloeilampen. Daarvoor is een tweede schakeling nodig, die in principe op twee manieren kan worden gemaakt. De eerste mogelijkheid is te zien in fig. 4/18.8 - 1. Hierbij is gebruik gemaakt van twee transistoren. Het type vermogenstransistor moet worden bepaald aan de hand van het te leveren vermogen en de transistor moet van een koelplaat worden voorzien. De tweede mogelijkheid is gebruik te maken van een triac. Het type is natuurlijk weer afhankelijk van het te schakelen vermogen. Houd er rekening mee, dat koude lampen een veel grotere stroom trekken dan de stroom die loopt als de lampen continu aan zouden zijn. Deze stroom kan wel 10x zo groot zijn als normaal.

Om een beetje effect te krijgen moet elke serie lampjes uit minstens 10 bestaan.

14.8 Lichtstangsturing

Totaal dus 40 lampjes. Om een echt continu lopend effect te krijgen moeten de lampjes worden geschakeld zoals in fig. 4/14.8 -3 is aangegeven. Bij serieschakeling van lampjes kan men het best een type lampjes nemen dat van een zgn. stroombrug is voorzien, zodat bij het uitvallen van een lampje niet gelijk een hele keten uitvalt. Het bouwen zal weinig problemen opleveren. De sturing van de lampen moet op een ander printje worden ondergebracht. Denkt u bij gebruik van hogere spanningen aan de isolatie!

Onderdelenlijst lichtslangsturing

De IC's

IC1	74132
IC2	7474
IC3	74155
IC4	7400

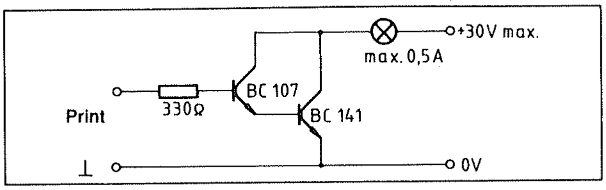
Weerstanden

4 – 330 Ohm, 1/4 W
1 – 680 Ohm, 1/4 W
1 – Potentiometer 470 Ohm, lineair

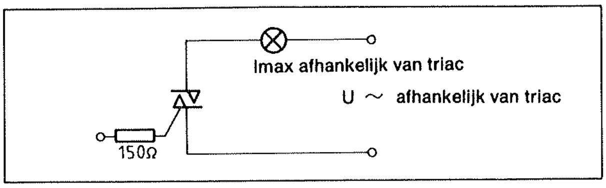
Overige onderdelen

1 – elco 47 μF, 16 V
8 – LED's (eventueel meerkleurig)

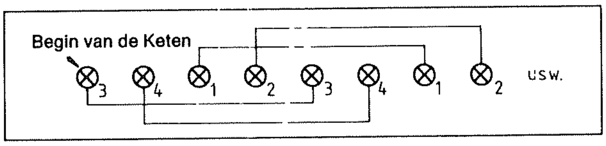
14.8 Lichtslangsturing



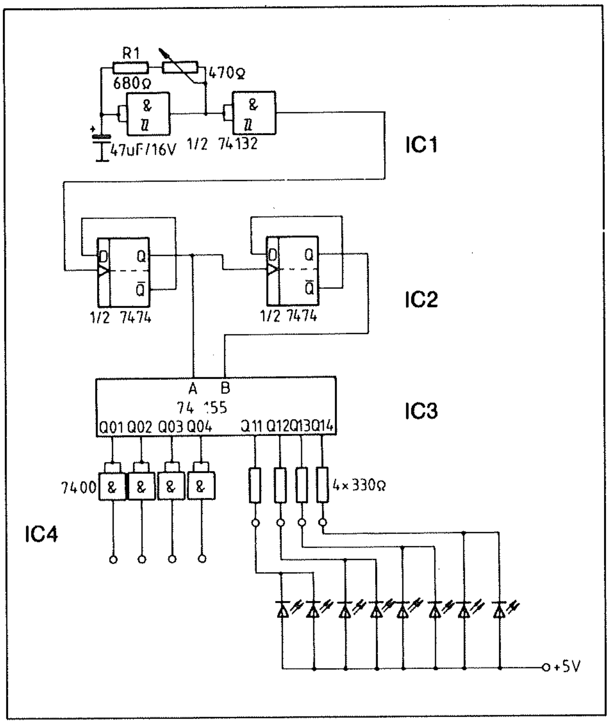
Figuur 4/14.8 -1



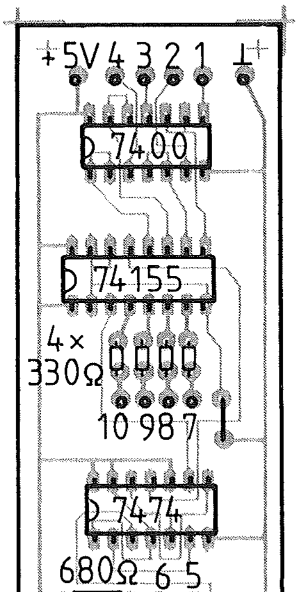
Figuur 4/14.8 -2



Figuur 4/14.8 -3

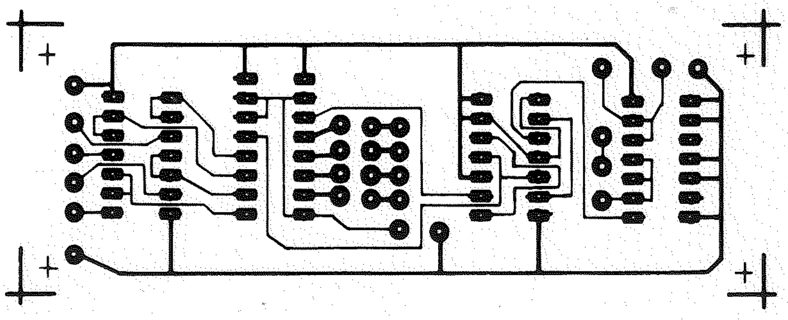


Figuur 4/14.8 -4: Het schema



Figuur 4/14.8 -5: Onderdelen plattegrond

14.8 Lichtslangsturing



Figuur 4/14.1-6: print voor lichtslangsturing

4/14.9

Elektronische verplaatsingsmeter (pulsteller)

Funktiebeschrijving

De verplaatsingsmeter bestaat uit twee delen, die door een vieraderige kabel met elkaar worden verbonden. De beide delen zijn een opto-elektronische pulsgever en een kaart met de elektronika en displays. De beide delen kunnen op redelijk grote afstand van elkaar worden geïnstalleerd, wat de gebruiksmogelijkheden vergroot.

De opto-elektronische pulsgever

De opto-elektronische pulsgever bestaat eigenlijk uit twee sensoren, die een lineaal of een soort stroboscoop-wiel aftasten. Voor metingen van lineaire verplaatsingen wordt bijvoorbeeld een liniaal aan het bewegende deel gefixeerd, terwijl de sensoren vast zijn opgesteld. Laten we de liniaal als voorbeeld nemen bij de bespreking. De liniaal bestaat uit een lat van wit of doorzichtig materiaal, waarop zwarte (ondoorzichtige) strepen staan, die even breed zijn als de witte of doorzichtige strepen. Natuurlijk kunnen ook de sensoren aan het bewegende deel worden gefixeerd, mits men een goede oplossing vindt voor de noodzakelijke vieraderige kabel.
De sensoren zijn in de handel verkrijgbare reflectie sensoren (een lichtbron naast een fotocel, die de reflectie van een zwart/wit liniaal detecteert) of vorkdetectoren (waarbij de lichtbron en de fotocel tegenover elkaar zitten en de liniaal ertussen). De sensoren detecteren de zwart/wit of donker/licht veranderingen van de bewegende liniaal en zetten deze veranderingen om in wel of geen stroom in de fotodiode. De twee sensoren worden zo gemonteerd ten opzichte van elkaar, dat de afstand tussen de sensoren gelijk is aan de halve breedte van de zwarte strepen cq. de witte of doorzichtige strepen. Aan de uitgangen van beide sensoren ontstaan dan tijdverschoven pulstreinen. De pulsen van de ene sensor zijn iets vertraagd ten opzichte van die van de andere sensor. Afhankelijk van de richting waarin de liniaal beweegt komen de pulsen van de ene of van de andere sensor later. Dit gegeven kan worden gebruikt voor de richtingsdetectie. In de schakeling is als conventie aangenomen, dat bij een als voorwaarts gedefinieerde richting de lichtstraal van sensor "A" onderbroken wordt voor de lichtstraal van sensor "B" (zie schema). Bij de montage van de sensoren dient hiermede rekening te worden gehouden. De elektronika links onderin het schema zorgt voor het genereren van een telpuls, telkens als er een zwart/wit venster van de liniaal voorbij komt en door het vergelijken van de volgorde van de pulsen van de "A" en "B" sensor tevens voor een hoog (vooruit tellen) of laag (terug tellen) signaal naar de

teller. Als men millimeters als kleinste meeteenheid wenst, dan is de aanwijzing maximaal 999,999 meter bij zes digits. Om dit te bereiken moeten de zwarte en witte cq. doorzichtige strepen elk 2 mm breed zijn. Wil men op centimeters nauwkeurig werken, dan is de maximale uitlezing 999,99 meter en moeten de strepen elk 20 mm breed zijn.
Bij voertuigen en andere apparaten, waarbij de hoekverplaatsing van wielen in een vaste verhouding staat tot de lineaire verplaatsing kan deze verplaatsing ook gemeten worden uit het aantal omwentelingen van deze wielen. Een meetmethode is om een schijf waarop zwart/witte sectoren zijn aangebracht op dezelfde as te monteren als het betreffende wiel. Het aantal sectoren z moet zo worden gekozen, dat het toerental n voor elke afgelegde meter vermenigvuldigd met 4 maal z precies 10, 100 of 1000 is.

Voorbeeld 1

Stel dat per meter 1,25 omwenteling wordt gemaakt.

$n = 1{,}25$

$n \cdot 4 \cdot z = 10$

$z = \frac{n \cdot 4}{10}$

$z = \frac{10}{1{,}25 \cdot 4}$

$\underline{\underline{z = 2}}$

Resultaat een wiel met 2 zwarte en 2 witte of doorzichtige sectoren zorgt voor 10 pulsen voor elke meter, waarmee het rechter cijfer van het display dus 1 m : 10 = 1 dm aangeeft. De maximaal op de display te visualiseren afstand bedraagt dus 99.999,9 meter.

Voorbeeld 2

Stel dat per meter 5 omwentelingen wordt gemaakt

$n = 5$

$n \cdot 4 \cdot z = 100$

$z = \frac{100}{5 \cdot 4}$

$\underline{\underline{z = 5}}$

Resultaat een wiel met 5 zwarte en 5 witte of doorzichtige sectoren zorgt voor 100 pulsen voor elke meter, waarmee het rechter cijfer van het display dus 1 m : 100 = 1 cm aangeeft. De maximaal op de display te visualiseren afstand bedraagt dus 9.999,99 meter.

Voorbeeld 3

Stel dat per meter 16 2/3 omwentelingen wordt gemaakt

$n = 16\ 2/3 = \frac{50}{3}$

$z = \frac{1000}{(50 : 3) \cdot 4}$

$\underline{\underline{z = 15}}$

14.9 Elektronische pulsteller

Resultaat een wiel met 15 zwarte en 15 witte of doorzichtige sectoren zorgt voor 1000 pulsen voor elke meter, waarmee het rechter cijfer van het display dus 1 m : 1000 = 1 mm aangeeft. De maximaal op de display te visualiseren afstand bedraagt dus 999,999 meter.

Opmerking bij voorbeeld 1

Voorziet men het wiel van 20 in plaats van 2 sector-paren dan resulteert elke afgelegde meter in 100 pulsen. Het rechter cijfer van het display wordt dan 1 m : 100 = 1 cm en de maximaal te visualiseren afstand 9.999,99 m.
Door gebruik te maken van het principe van meting van het aantal omwentelingen heeft men de mogelijkheid de meetnauwkeurigheid en de daarmee samenhangende maximaal te meten afstand zelf te kiezen. Als men bovendien het wiel met de sectoren aandrijft via een tandwiel of ander soort vertraging is het mogelijk het aantal omwentelingen zo te kiezen, dat het aantal sectoren gering blijft, hetgeen het maken van het sectorwiel sterk vereenvoudigt. De absolute breedte van de sectoren heeft op de aanwijzing geen invloed. Wel is het natuurlijk praktischer de afmetingen van het geheel binnen de perken te houden. Door het geheel in een van binnen zwart gemaakt kastje te monteren voorkomt men storingen ten gevolge van lichtinvloeden van buitenaf.

De print met de elektronika

Het belangrijkste IC op de print is de zes-decaden voorwaarts/terugteller (*MK 50395N*) van Mostek. De print meet 95 bij 125 mm en bevat naast de teller ook 6 7 segment-displays, type *HP 5082-7653* van Hewlett-Packard. Deze displays zijn gekozen voor hun grote lichtopbrengst. De schakeling voor de detectie van de pulsen en de richting ervan is uitgevoerd met CMOS-IC's. Verder vinden we nog enkele transistoren om de benodigde stroom voor de displays te leveren en nog wat weerstanden en condensatoren. De voeding voor de schakeling is 12 V. De schakeling werkt echter bij elke voedingsspanning tussen 10 en 15 V. De schakeling kan natuurlijk ook met een batterij worden gevoed. Het kan in dat geval verstandig zijn de aardleiding van de transistoren van een schakelaar (eventueel drukknop) te voorzien, zodat de displays niet steeds aan zijn, aangezien deze nogal wat vermogen vergen. In de praktijk is dit vrij eenvoudig te verwezenlijken doordat alle emittors aan een printspoor zijn aangesloten. Het printspoor vlak voor T6 onderbreken en de onderbreking overbruggen met een schakelaar is alles wat hiertoe moet worden gedaan.

De sensoren worden met een vieraderig snoer (telefoonkabel bijvoorbeeld) met de aansluitpunten "A", "B", Aarde en "GK1" (= 12 V via R1) van de print verbonden. De aarde gaat naar de E en de D aansluiting van de sensoren, de GK1 aansluiting gaat naar de plus van de in de sensor aanwezige LED's en de "A" en "B" aansluitingen gaan naar de collectoren van de sensoren. Welke sensor is afhankelijk van de gewenste definitie voor vooruit cq. achteruit (zie voorgaande tekst). De pulsen die van de sensoren komen zijn trapeziumvormig met vrij schuine flanken. De beide CMOS Schmitt-triggers CD 4093 zorgen voor (geïnverteerde) blokgolven met steile flanken op de ingangen van IC2. C1 en

14.9 Elektronische pulsteller

C2 dienen voor de onderdrukking van door de kabel opgevangen storingen. De verdere gang van zaken is, dat van deze blokgolven via de exclusieve "OR"-poorten van IC2, en de RC-netwerkjes gevormd door R4/C3 resp. R5/C4 op de uitgangen van IC2 bij iedere opgaande en neergaande flank een korte naaldpuls wordt gegenereerd. De blokgolven met de naaldpulsen zorgen er via de logica van andere CD 4030 poorten samen met de poorten van de CD 4011 voor, dat er aan uitgang 4 van de IC3 naaldpulsen verschijnen bij voorwaartse beweging en aan uitgang 3 bij achterwaartse beweging. De CD 4001 zorgt ervoor, dat de pulsen ongeacht de richting op de klokingang van de teller terecht komen (uitgang 10) en ook dat de teller de juiste telrichting krijgt aangeboden (uitgang van de flip-flop, uitgang 3). De werking van de schakeling is onafhankelijk van het punt waar de beweging wordt veranderd. Door het omdraaien van de "A" en "B" aansluitingen van de sensoren kan de definitie van de richting worden omgedraaid. De teller heeft zeven segmentuitgangen die via de weerstanden aangesloten zijn op de diverse segmenten van de displays (de displays zijn van het gemeenschappelijke kathode type). De uitgangen D1 t/m D6 dienen voor het multiplexen van de displays. De frequentie wordt bepaald door C6. Bij een waarde van 330 pF is de frequentie ongeveer 1 kHz. Aan pin 20 van de teller is een resetknop aangesloten. Door R6 op de juiste plaats aan te brengen wordt de decimale punt aangestuurd. Er is dus maar een weerstand R6 aanwezig!

Tips voor de bouw

Het in elkaar zetten en solderen van de print zal weinig moeilijkheden opleveren. Het maken van liniaal of sector wiel en de bevestiging van de sensoren is wat minder eenvoudig. Voor het testen van de schakeling is een hoogohmige multimeter, een tweekanaals (of dubbelstraals) oscilloscoop nodig, alsmede het sensor gedeelte, dat volgens de beschrijving met de print moet worden verbonden.

De print heeft geen afregelingen. Het kan echter nodig blijken voor R2 en R3 hogere of lagere waarden te gebruiken, vooral wanneer reflectiesensoren worden gebruikt. De sterkte van de reflectie, alsmede de afstand van het sectorwiel tot de sensoren heeft invloed op de pulsen. Door het kiezen van andere waarden voor R2 en R3 moet worden getracht een maximale amplitude en symmetrie van de pulsen te bereiken (meten met de scoop). De in het schema aangegeven waarden zijn voor in de handel verkrijgbare vorksensoren CNY 36 en CNY 37.

Onderdelen voor de verplaatsingsmeter

Condensatoren

C1-C4	(4)	–	Keramische condensatoren 1 nf/64 V
C5	(1)	–	Tantaal elco 22 μF/16 V
C6	(1)	–	Keramische condensator 330 pF/64 V

Halfgeleiders

IC1 (1)	CD 4093
IC2 (1)	CD 4030 of CD 4070
IC3 (1)	CD 4011
IC4 (1)	CD 4001
IC5 (1)	MK 50395N (Mostek)
T1-T6 (6)	BC 237B

14.9 Elektronische pulsteller

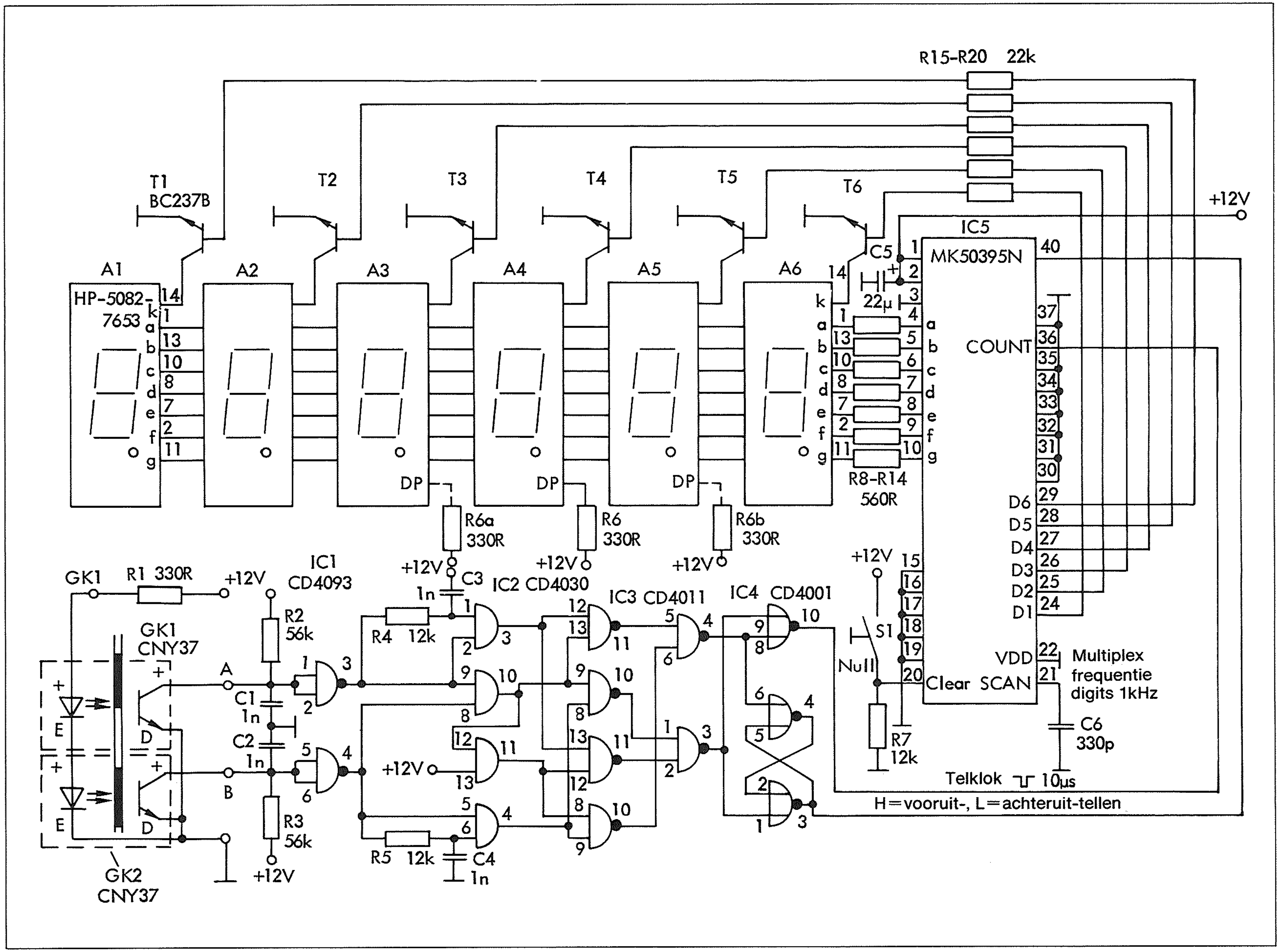
Weerstanden

R1, R6	(2) 330 Ohm, 1/8 W, 5%
R2, R3	(2) 56 k, 1/8 W, 5%
R4, R5, R7	(3) 12 k, 1/8 W, 5%
R8–R14	(7) 560 Ohm, 1/8 W, 5%

Diversen

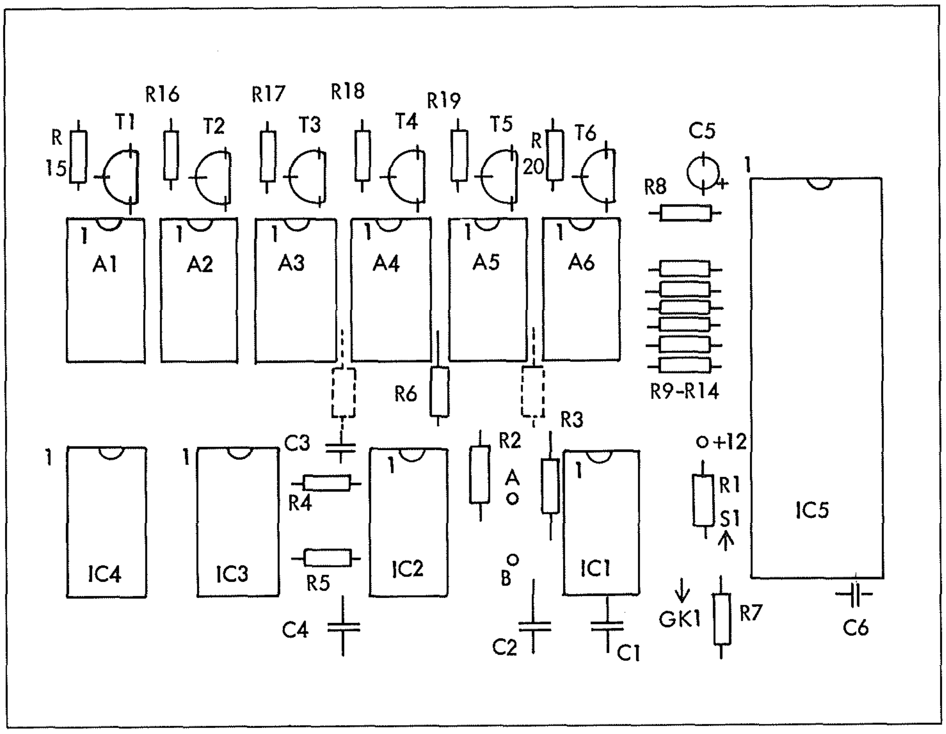
6 stuks	7-segment displays HP 5082-7653, 11 mm met dec.punt rechts
2 stuks	Vorksensoren CNY 37 (met bevestiging) of CNY 36 (zonder bevestiging) GK1, GK2)
4 stuks	draadbruggen
1 stuk	drukknop
1 stuk	print
1 stuk	Kunststof behuizing voor print
	eventuele behuizing voor sensoren.

14.9 Elektronische pulsteller



Figuur 4/14.9 -1: Het schema

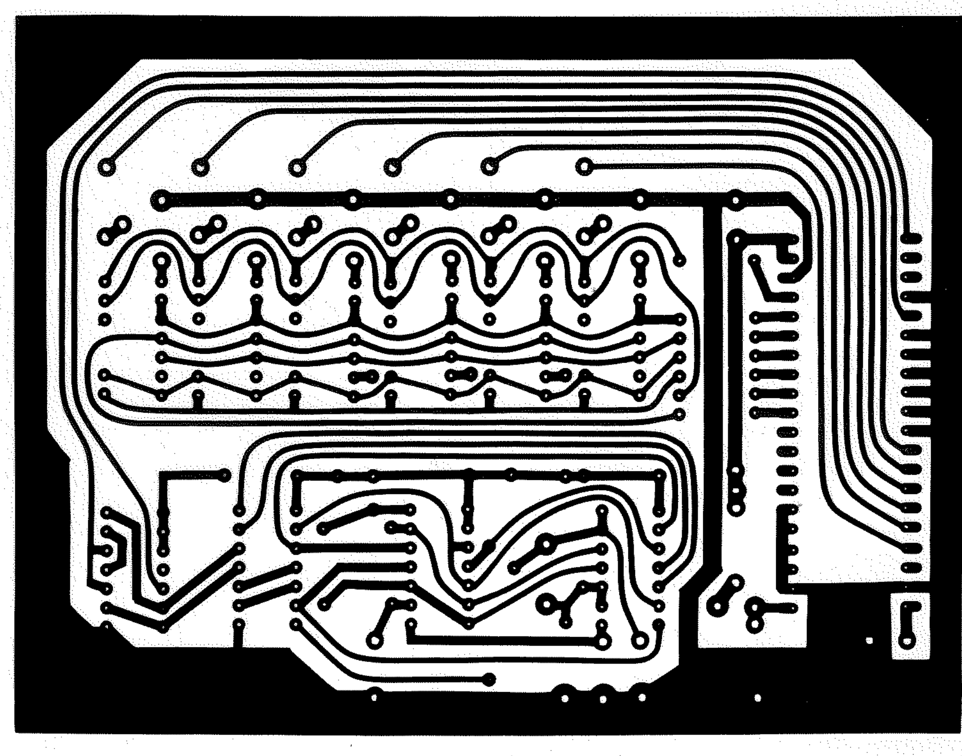
14.9 Elektronische pulsteller



Figuur 4/14.9 -3: Onderdelen plattegrond

14.9 Elektronische pulsteller

14.9 Elektronische pulsteller



Figuur 4/14.9 -2: Print van de elektronische pulsteller

4/14.10 Hulpapparaat voor het automatisch uitschakelen van een accu-lader

Waar het om gaat

Reserve-accu's worden vaak erg slecht behandeld! Men laadt één keer op en zet de accu in een schuurtje of garage en vergeet dat het onderdeel aanwezig is tot men hem om de een of andere reden nodig heeft. En dan stelt men vast dat het apparaat zichzelf ontladen heeft!
Dat is natuurlijk niet zo verwonderlijk. De meeste goedkope acculaders zijn niet uitgerust met een automatische ladingsbegrenzing en zou men de lader constant met de accu verbinden, dan kan het voorkomen dat de accu zwaar wordt overladen, gaat koken of beschadigd wordt.
In principe zou men een lader moeten hebben, die een ontladen accu snel met een grote stroom oplaadt en bij het bereiken van de einde-lading spanning automatisch uitschakelt of overschakelt op een kleine stroom, die continu door de accu verwerkt kan worden.

Het in dit artikel beschreven hulp-apparaat vormt iedere acculader om tot zo'n ideaal apparaat! Het apparaatje wordt tussen het net en de accu-lader geschakeld en controleert de spanning over de accu. Bereikt deze de einde-lading spanning, dan schakelt het apparaat de acculader uit, maar levert zélf een kleine stroom aan de accu, die net voldoende is om de eigen ontlading van het onderdeel te compenseren. De accu blijft zodoende steeds in optimale conditie en kan zelfs in niet tegen vorst beschutte ruimtes worden opgeslagen. De kleine laadstroom verhindert het bevriezen van de accuvloeistof bij extreem lage temperaturen.

Schema-beschrijving

Het schema van dit handige apparaat is getekend in figuur 4/14.10 -1. Het hart van de schakeling is de operationele versterker IC1. Deze is als comparator geschakeld en vergelijkt een deel van de accu-spanning met een stabiele referentie-waarde.
Deze vergelijking gaat als volgt. Als het apparaat op de accu is aangesloten (het relais-contact Ry2-a moet dan gesloten zijn) wordt de accu-spanning aangeboden aan een spanningsdeler, samengesteld uit de vaste weerstanden R1 en R2 en de instelpotentiometer P1. De loper gaat via een laagdoorlaatnetwerkje R3-C1 naar de inverterende ingang van de operationele versterker. Dit netwerkje is noodzakelijk om stoorpulsen te onderdrukken en om de pulserende spanning die over de accu ontstaat als de accu-lader is ingeschakeld af te vlakken. Goedkope accu-laders leveren immers een gelijkgerichte, maar niet afgevlakte wisselspanning aan de accu en de accu-spanning zal dan ook 50 of 100 maal per seconde op

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader

het ritme van de netfrequentie enigszins fluctueren.
De niet-inverterende ingang van de operationele versterker is aangesloten op een stabiele referentie-spanning die uit de accu-spanning wordt afgeleid door de weerstand R4 en de twee temperatuursgecompenseerde zener-dioden D1 en D2. Ook deze referentie-spanning wordt door middel van een kleine condensator C2 extra afgevlakt. Als de accu ontladen is zal de spanning die via de loper van P1 aan de inverterende ingang van de opamp wordt aangeboden kleiner zijn dan de referentie-spanning. De uitgang van de comparator loopt vast tegen de voedingsspanning en deze hoge spanning stuurt via de weerstand R5 de transistor T1 in geleiding. De twee relais-spoelen worden bekrachtigd. Ry1 zorgt er voor dat de accu-lader met het net wordt verbonden en de accu kan gaan opladen. Het tweede relais verbindt de accu met de hulp-schakeling. De lichtgevende diode D4 gaat branden als indicatie dat het apparaat is ingeschakeld. Door het opladen van de accu zal de spanning over dit onderdeel langzaam stijgen. Na een bepaalde tijd is de accu-spanning zo ver gestegen dat de spanning op de loper van P1 groter wordt dan de referentie-spanning op de niet-inverterende ingang. De comparator klapt om, de uitgang gaat naar nul en de transistor gaat sperren. De beide relais vallen af, de accu-lader wordt losgekoppeld van het net en de schakeling rond de comparator wordt van de accu gescheiden. De lichtgevende diode D4 dooft. De in de hulpschakeling aanwezige transformator Tr1 is echter nog wel met het net verbonden en de secundaire spanning wordt gelijkgericht door de brug D5 en levert een stroom via weerstand R7 aan de accu. Deze kleine stroom houdt nu de accu in goede conditie en compenseert de eigen ontlading van het element.

Bediening van het apparaat

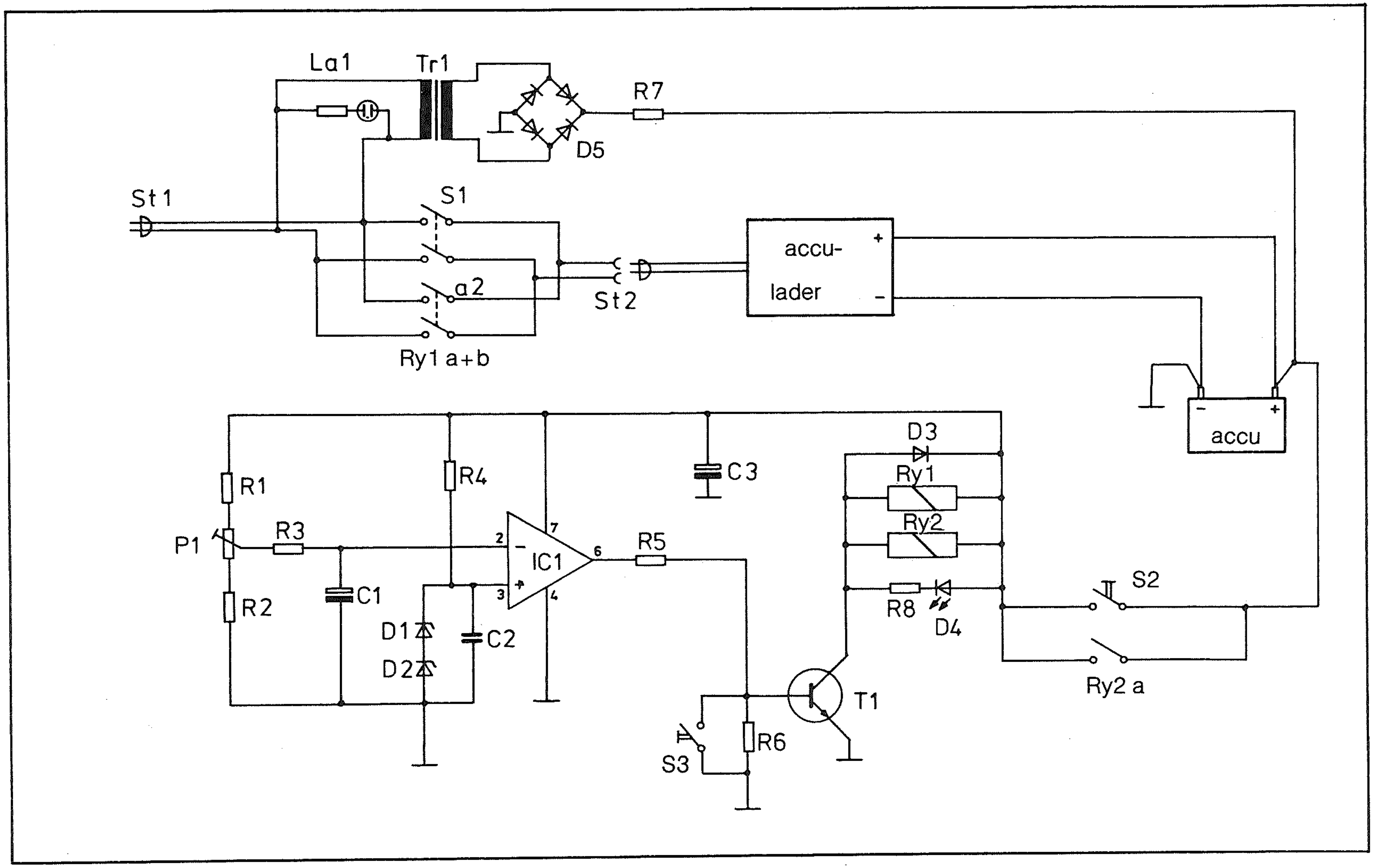
Het apparaat is voorzien van drie schakelaars, waarmee men de werking kan controleren.

- schakelaar S1: met deze schakelaar kan men de accu-lader met de hand verbinden met het net, zodat het steeds mogelijk is de accu extra op te laden. Het is bovendien mogelijk de schakeling met deze schakelaar te activeren als de accu zo ver ontladen is dat hij niet meer in staat is voldoende stroom te leveren voor het bekrachtigen van de relais.
- schakelaar S2: met deze drukknop start men de automatische werking van het systeem als een ontladen accu moet worden opgeladen. Door het even bedienen van deze drukknop wordt de accu met de comparatorschakeling verbonden. De accu-spanning is nu natuurlijk zo laag dat de comparator beide relais inschakelt. Het contact van Ry2 staat parallel aan de drukknop en neemt de werking van deze schakelaar onmiddellijk over.
- schakelaar S3: met deze drukknop kan men het laad-proces beëindigen. Drukt men op deze drukknop, dan wordt de basis van de transistor kortgesloten naar massa. Het onderdeel spert, de beide relais vallen af en de schakeling gaat naar de niet-actieve toestand.

De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.10 -2 geeft het print-ont-

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader



Figuur 4/14.10 -1: Het volledige schema van dit handige hulpapparaat voor het laden van accu's.

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader

werp voor de schakeling, de bouw volgt uit figuur 4/14.10 -3. De bouw is volledig onkritisch, al moet men natuurlijk wel voorzichtig zijn, want op verschillende punten van de print is de netspanning aanwezig! Vergeet de drie draadbruggen niet op de print aan te brengen en denk er aan de aardingsdraad van het snoer rechtstreeks door te verbinden met de netaansluiting van de accu-lader St2. Figuur 4/14.10 -4 geeft de aansluitgegevens van de in deze schakeling gebruikte halfgeleiders.

Omdat het apparaat in de meeste gevallen in vochtige ruimtes, zoals garages of schuurtjes, zal worden gebruikt doet men er zeer verstandig aan het geheel in te bouwen in een stevig metalen kastje, dat verbonden wordt met de aarding van het net. In de frontplaat van dit kastje komen gaatjes voor de drie schakelaars, de LED D4 en een gaatje waardoor men met een schroevedraaier de instelpotentiometer P1 eenmalig kan afregelen. Op de achterzijde van de kast komt een gat voor de netkabel en wordt een geaarde wandcontactdoos gemonteerd, waarop de netsteker van de accu-lader wordt aangesloten.

Het afregelen van de schakeling

Alvorens het apparaat met het net verbonden wordt moet men het volledige primaire circuit controleren op kortsluitingen. Schakel een Ohm-meter over de pennen van de netsteker St1 en sluit schakelaar S1 of schakel relais Ry1 met de hand in. In beide gevallen mag er geen kortsluiting worden gemeten! Draai vervolgens de instelpotentiometer P1 volledig tegen uurwijzer in en werk het kastje af.

Verbindt de accu-lader met de accu en steek de netsteker in de op het hulpapparaat aanwezige contactdoos. Sluit de ingangen van de automatische afschakelaar (klemmen + en − in figuur 4/14.10 -3) op de accupolen aan. De netsteker van het apparaat wordt echter nog niet met het net verbonden. Druk even op drukschakelaar S2. De twee relais moeten bekrachtigd worden (hetgeen duidelijk hoorbaar is) en de LED D4 moet oplichten. Druk nu op schakelaar S3. De relais vallen af en de LED dooft.

Verbind vervolgens het apparaat met het net, het neon-lampje La 1 licht op. Sluit S1, zodat de accu-lader in werking treedt. Dit kan men vaststellen door over de klemmen van de accu een voltmeter aan te sluiten. De spanning moet dadelijk beginnen te stijgen. Open S1 en druk op S2. De accu-lader moet opnieuw inschakelen, de accu wordt opgeladen.

Men kan nu de instelpotentiometer afregelen. Meet met een voltmeter de spanning over de accu. Wacht tot de accu volledig is opgeladen, hetgeen bij 24 V accu's overeenkomt met een spanning van +28,2 V en bij 12 V accu's met een spanning van +14,1 V. Als de accuspanning tot deze waarde is gestegen verdraait men de loper van de instelpotentiometer voorzichtig en langzaam in uurwijzerzin tot de LED D4 dooft. Drukt men nu op schakelaar S2, dan moet de LED eerst weer oplichten maar na ongeveer 5 à 10 seconden weer doven.

Het werken met het apparaat

Het apparaat wordt aangesloten tussen het net en de accu-lader en door middel

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader

van twee dunne draadjes met de polen van de accu verbonden. Men kan het laden starten door het bedienen van S2. Vanaf dat moment kan men de opstelling laten staan, de accu-lader schakelt automatisch uit na het bereiken van de maximale spanning.
Heeft men de accu nodig, dan kan men door het indrukken van S3 het laden beëindigen. Zoals reeds gezegd kan men zeer sterk ontladen accu's "opstarten" door het met de hand inschakelen van de lader door het sluiten van S1.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W
R 1 = 10 k-Ohm
R 2 = 10 k-Ohm
R 3 = 10 k-Ohm
R 4 = 680 Ohm
R 5 = 4,7 k-Ohm (12 V) of 10 k-Ohm (24 V)
R 6 = 2,7 k-Ohm
R 8 = 1 k-Ohm (12 V) of 2,2 k-Ohm (24 V)

Draadgewonden weerstand, 2 W

R 7 = 100 Ohm

Potentiometer

P 1 = 10 k-Ohm cermet-trimmer

Condensatoren

C 1 = 47 µF, elco 16 V
C 2 = 100 nF, MKH
C 3 = 10 µF, elco 16 V

Halfgeleiders

D 1 = 6V8 zenerdiode
D 2 = draadbrug (12 V) of 6V8 zenerdiode (24 V)
D 3 = 1 N 4001
D 4 = 5 mm rode LED
D 5 = B 80 C 800
T 1 = BD 139

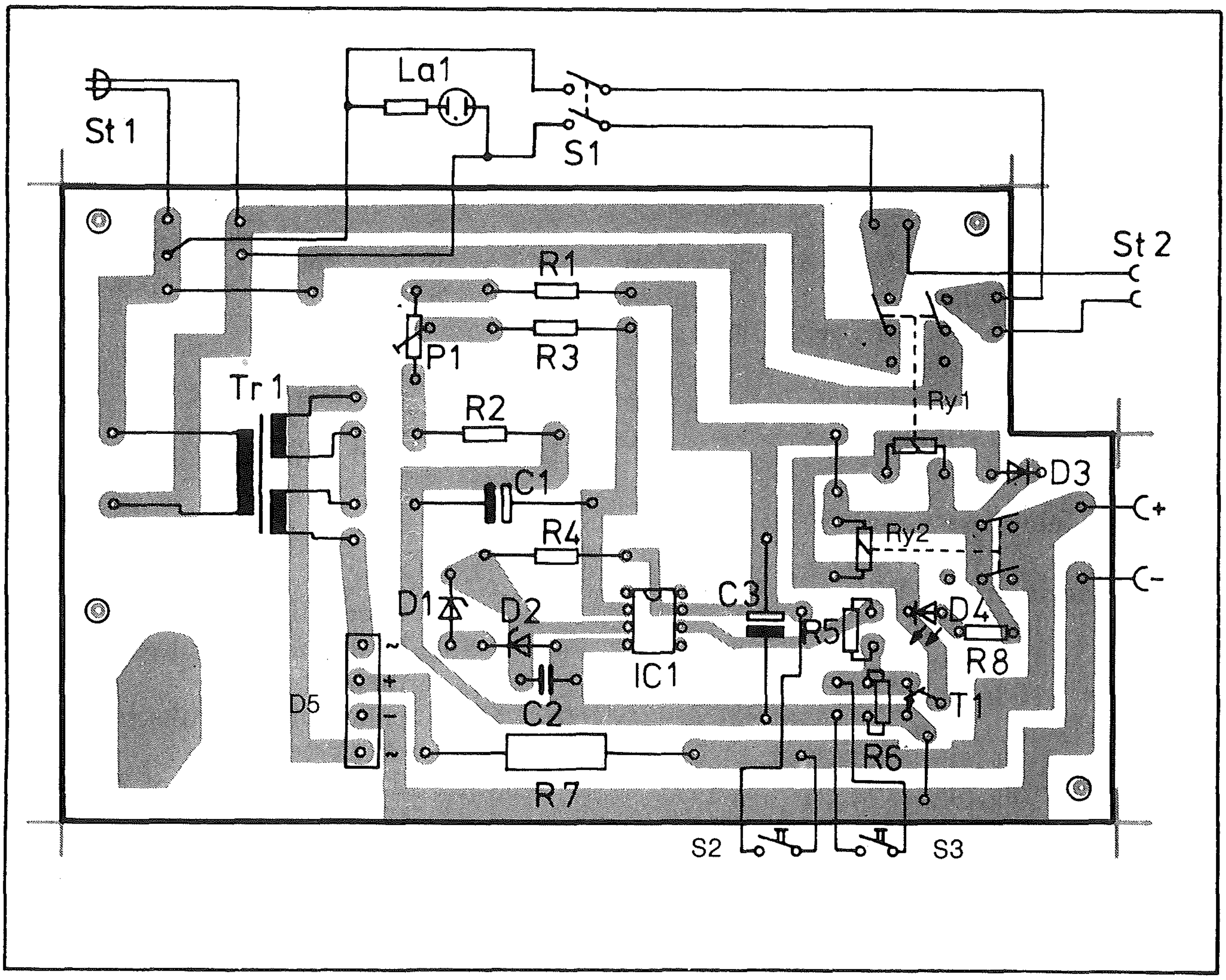
Geïntegreerde schakeling

IC 1 = LM 741, mini-dil

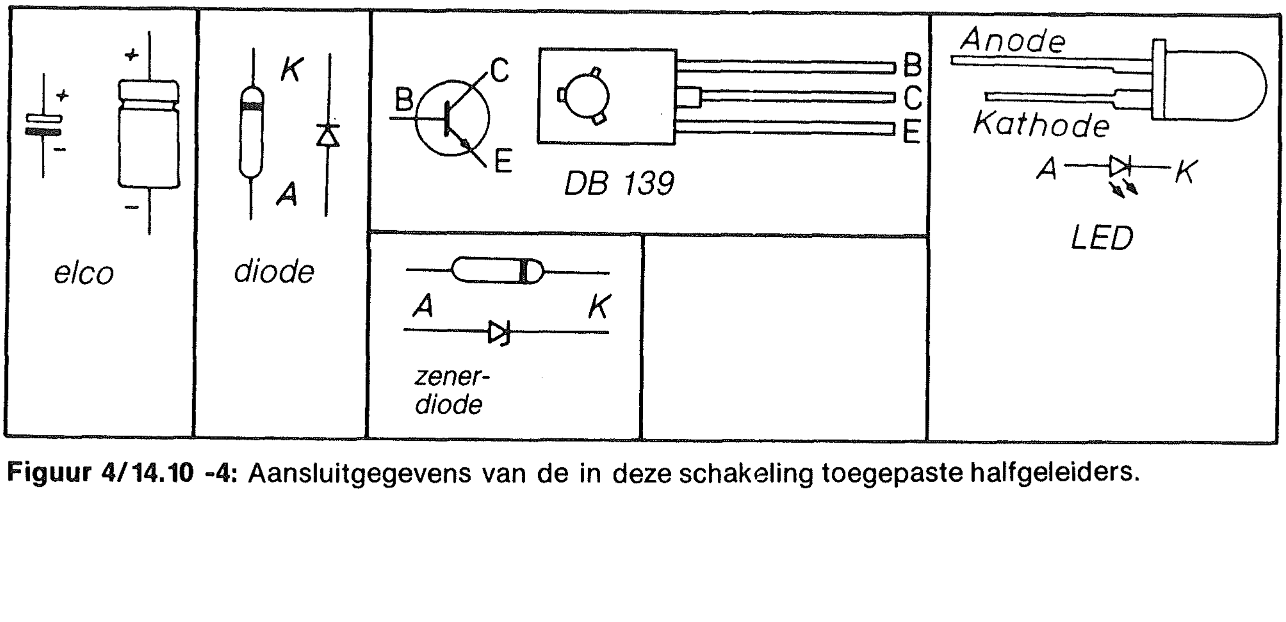
Diversen

S 1 = tweepolige netschakelaar
S 2 = enkelpolige drukschakelaar, maak
S 3 = enkelpolige drukschakelaar, maak
Tr 1 = 2 x 12 V (12 V) of 2 x 24 V (24 V), 100 mA
Ry 1 = 12 of 24 V printrelais, 2 x om
Ry 2 = 12 of 24 V printrelais, 1 x om
La 1 = neon-lampje, 220 V
St 1 = drie-aderige netkabel met geaarde steker
St 2 = geaarde wandcontactdoos

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader

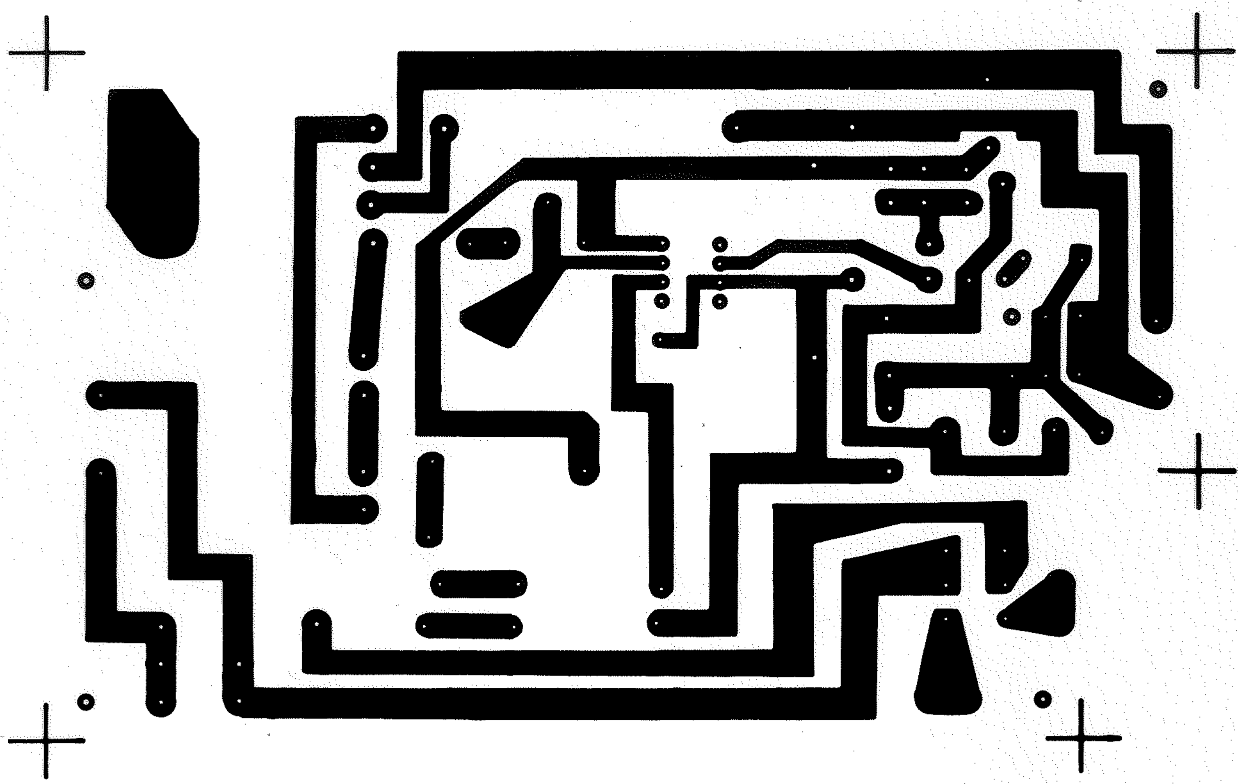


Figuur 4/14.10 -3: Onderdelen plattegrond.



Figuur 4/14.10 -4: Aansluitgegevens van de in deze schakeling toegepaste halfgeleiders.

14.10 Hulpapparaat automatisch uitschakelen accu-lader



Figuur 4/14.10 -2: Ontwerp van de print

4/14.11

Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen

Inleiding

Tegenwoordig zijn er heel wat elektrische verbruikers in huis te vinden die werken op laagspanning. Denk bijvoorbeeld maar aan de 12 V en 24 V halogeenlampen, die erg in de mode zijn. Daarnaast werken de meeste printboor- en miniatuur figuurzaagmachines op 12 V. Ook een heleboel merken van modeltreinen werken op DC-laagspanning. In vele gevallen is het noodzakelijk of nuttig het elektrisch vermogen dat aan dergelijke verbruikers wordt aangeboden te regelen. Nu is dat gemakkelijker gezegd dan gedaan. Vanwege de lage bedrijfsspanning verbruiken de meeste laagspanningsbelastingen flink wat stroom. Een 24 W halogeenlampje van 12 V verbruikt al een stroom van 2 A. Traditionele vermogensregelingen met fase-aansnijsturing met een triac zijn meestal niet bruikbaar. Deze systemen werken immers per definitie met wisselspanning en niet alle laagspanningsbelastingen vinden het prettig om met wisselspanning gevoed te worden. Het traditionele systeem om lage gelijkspanningen te regelen, namelijk een vermogenstransistor opnemen in serie met de belasting, is uiteraard wel bruikbaar. Het nadeel is dat er flink wat vermogen verloren gaat in de serietransistor en dat deze dus flink gekoeld moet worden. Gelukkig bestaat er een heel ander principe om het vermogen van een lage gelijkspanning te regelen: pulsbreedte modulatie. De in dit hoofdstuk voorgestelde schakeling werkt volgens dit principe en heeft indrukwekkende specificaties.

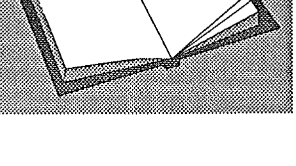
Specificaties

De schakeling zélf kan gevoed worden uit een gelijkspanning tussen +8 V en +30 V. Deze spanning staat echter volledig los van de voedingsspanning van de belasting. In principe kan de schakeling gevoed worden uit een goedkope netstekervoeding van 12 V, want het eigen stroomverbruik bedraagt slechts 12 mA.

De bedrijfsspanning van de belasting kan liggen tussen 0 V en +50 V. De maximale stroom die de unit kan verwerken bedraagt niet minder dan 12 A. In principe kan men de voeding dus gebruiken om vermogens tot 600 W te regelen. Wél moet de eindtransistor dan goed gekoeld worden. Maar zelfs zonder koeling is de eenheid in staat 2,5 A te schakelen, zodat men

LEES OOK:

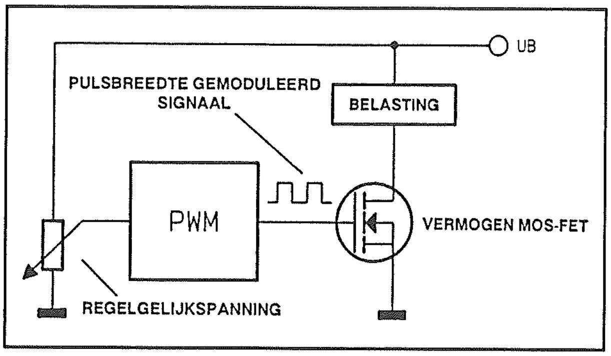
Hoofdstuk 3/3.9
Hoofdstuk 3/12.3
Hoofdstuk 6/6.3
Hoofdstuk 6/6.4



met het kleine printje van 5,5 bij 6,0 cm^2 toch nog vermogens tot 125 W de baas kan. Dit alles is mogelijk met een externe stuurspanning tussen 0 V en +2,5 V. Deze stuurspanning kan ingesteld worden middels een in de schakeling aanwezige potentiometer, maar kan uiteraard ook elders vandaan komen. Met heel eenvoudige zelf te verzinnen uitbreidingsschakelingen kan men bijvoorbeeld automatische dimmers voor de halogeen verlichting samenstellen. De regeling verloopt volledig lineair. Een stuurspanning van 0 V komt overeen met geen vermogen in de belasting, een regelspanning van +2,5 V levert maximaal vermogen aan de belasting. Stelt men de regelspanning op de helft in, dus op +1,25 V, dan wordt er ook maar de helft van het maximale vermogen in de belasting gedissipeerd.

Het principe van pulsbreedte modulatie

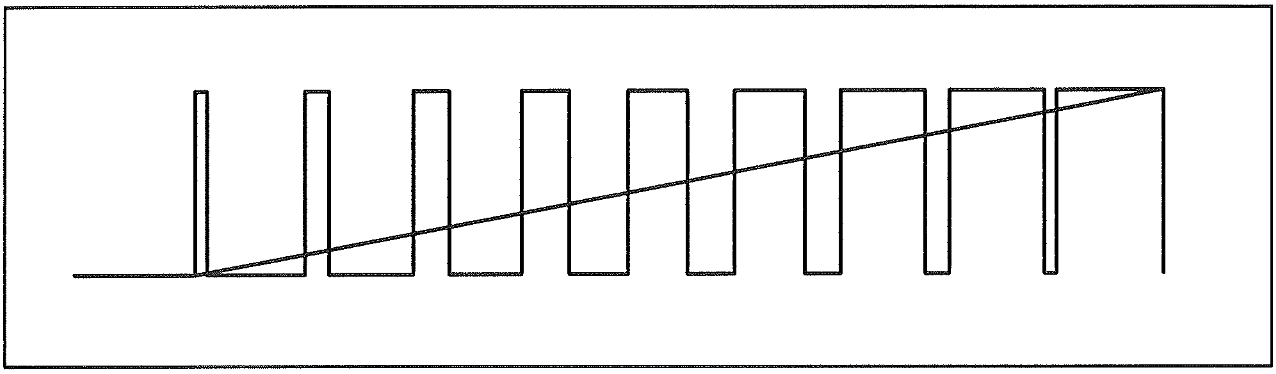
Pulsbreedte modulatie is zeer zeker geen nieuwe techniek. In theorie weet men al lang dat het met dit principe mogelijk is zeer economisch zeer grote gelijkstroomvermogens te regelen. Het probleem was dat men geen elektronische schakelaars had, die deze grote vermogens zonder problemen konden schakelen. Dank zij de ontwikkeling van vermogens MOS-FET's, die zeer snel van geleiding naar sper schakelen en in geleiding een zeer lage inwendige weerstand hebben, kunnen de voordelen van pulsbreedte modulatie maar eerst volledig tot hun recht komen. In figuur 4/14.11-1 is het basisprincipe van pulsbreedte modulatie, afgekort tot "PWM" van het Engelse "Pulse Width Modulation", voorgesteld. De te regelen *gelijkspannings*belasting wordt in serie met een zeer snelle vermogens MOS-FET tussen de positieve voeding en de massa geschakeld.



Figuur 4/14.11-1: Het principe van pulsbreedte modulatie.

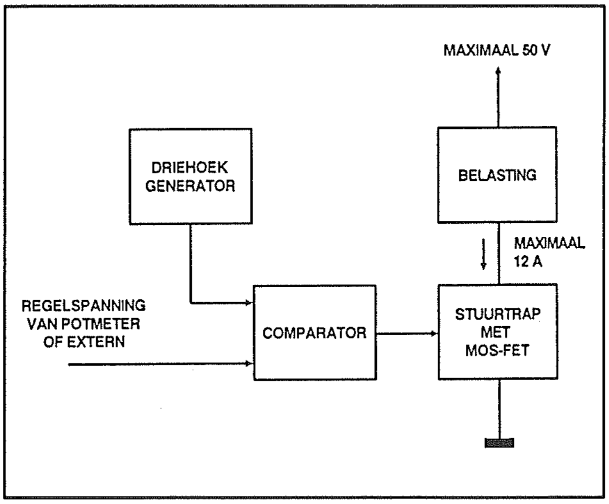
De transistor wordt gebruikt als snelle schakelaar en gestuurd met een rechthoekvormige spanning op de gate. De frequentie van dit signaal hoeft niet hoog te zijn, in principe is 200 Hz al bruikbaar. Die rechthoekvormige spanning wordt gegenereerd door een schakeling, die weer gestuurd wordt met een regelgelijkspanning. De gelijkspanning definieert de "duty-cycle" of de puls/pause-verhouding van de rechthoekspanning. Dit wordt voorgesteld in figuur 4/14.11-2.
Als de regelspanning klein is, zal de PWM-schakeling pulsen aan de gate van de MOS-FET aanbieden, die veel langer "L" dan "H" zijn. Als de puls "H" is wordt de MOS-FET in geleiding gestuurd. Een geleidende MOS-FET heeft een zeer lage inwendige weerstand, met als gevolg dat er heel even een zeer grote stroom door de belasting vloeit. In de belasting wordt dus even het maximale vermogen gegenereerd, het verliesvermogen in de MOS-FET is vanwege de zeer geringe geleidingsweerstand van het onderdeel zeer laag.
Om een idee te geven hoe laag dit vermogen is wordt vermeld dat de MOS-FET van het type BUZ 71A een geleidingsweerstand van slechts 0,12 Ω bezit. Zelfs als de MOS-FET continu in geleiding zou worden gestuurd en de belasting een stroom

14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen



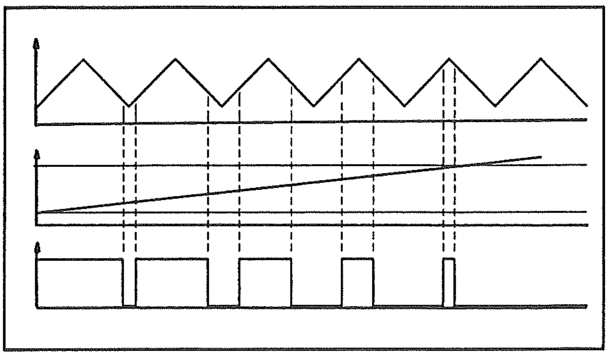
Figuur 4/14.11-2: Het gate-signaal van de MOS-FET in functie van de regelgelijkspanning.

van 10 A zou trekken, wordt er in de transistor maar een verliesvermogen van 1,2 W opgewekt!
Als men de regelgelijkspanning verhoogt zal de "H"-periode van de uitgangspuls van het PWM-blok toenemen. De piekstroom vloeit nu langer door de belasting, zodat er meer vermogen wordt gegenereerd. Als de regelspanning wordt opgevoerd tot de maximale waarde van het bereik van de PWM, dan levert dit blok een constante "H" aan de gate van de MOS-FET, zodat dit element continu in geleiding staat en het maximale vermogen aan de belasting wordt geleverd.



Figuur 4/14.11-3: Het blokschema van een PWM-regeling.

Het blokschema van een PWM-regeling
In figuur 4/14.11-3 is het blokschema van een PWM-regeling getekend. De schakeling bestaat uit slechts drie blokken, namelijk een driehoekgenerator, een snelle comparator en een stuurtrap voor de MOS-FET. De werking wordt besproken aan de hand van het timing-diagram van figuur 4/14.11-4. De driehoekgenerator levert een signaal dat varieert tussen een minimale positieve spanning en een maximale positieve spanning. Dit signaal wordt aan één ingang van de comparator gelegd. Aan de tweede ingang wordt de regelspanning gelegd, die instelbaar moet zijn tussen de grenzen van de driehoek.



Figuur 4/14.11-4: Het timing-diagram van het blokschema van figuur 4/14.11-3.

De comparator vergelijkt beide ingangsspanningen en levert een positieve uitgangspuls als de driehoekspanning groter

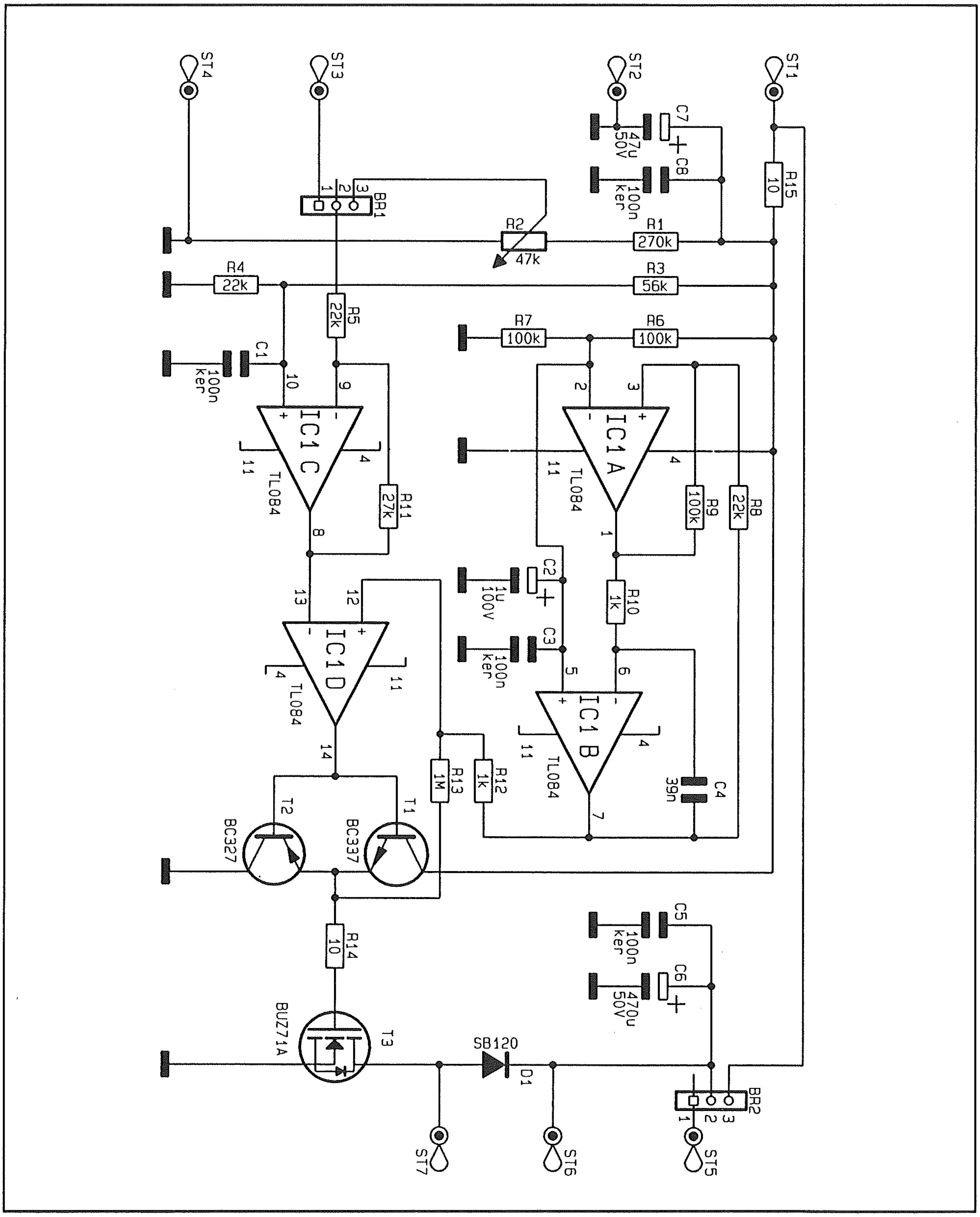
14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen

is dan de regelspanning. Op deze wel heel eenvoudige manier kan men de puls/pause-verhouding van een rechthoekspanning regelen.

Het praktisch schema

In figuur 4/14.11-5 is het volledig uitgewerkt praktisch schema van de pulsbreedte gestuurde voeding getekend.
De schakeling wordt gevoed tussen de klemmen ST1 (positief) en ST2 (massa). Uit deze spanning wordt door de even grote weerstanden R6 en R7 een hulpspanning afgeleid, die uiteraard precies gelijk is aan de helft van de voedingsspanning. Deze spanning wordt gebruikt voor het instellen van de driehoekgenerator. De hulpspanning wordt ontkoppeld door de condensatoren C2 en C3. De driehoekgenerator is samengesteld uit de operationele versterkers IC1A en IC1B. De schakeling werkt als volgt. IC1A is geschakeld als comparator. De inverterende ingang is aangesloten op de hulpspanning en staat dus op de helft van de voedingsspanning. De niet-inverterende ingang is via de weerstandsdeler R8-R9 aangesloten op de twee uitgangen van de op-amp's. De tweede operationele versterker is geschakeld als integrator. Deze zogenoemde "Miller-integrator" zal de condensator C4 opladen met een constante stroom. Het gevolg is dat de spanning over de condensator lineair zal stijgen of dalen. Een en ander is afhankelijk van de richting waarin de stroom door de condensator vloeit. De niet-inverterende ingang van IC1B staat op de hulpspanning van $1/2.U_b$. De algemene eigenschap van een operationele versterker is dat beide ingangen op hetzelfde potentiaal willen staan. Ook de inverterende ingang zal zich dus op de helft van de voedingsspanning instellen. Stel nu dat de uitgang van IC1A positiever is. Over de weerstand R10 ontstaat een spanningsverschil, met als gevolg dat er een stroom door dit onderdeel gaat vloeien. De inverterende ingang van de operationele versterker IC1B heeft echter een zeer hoge impedantie, zodat de door R10 lopende stroom alleen via de condensator C4 naar de uitgang van de op-amp kan vloeien. Omdat de spanningen op de uitgang van IC1A en op de inverterende ingang van IC1B constant zijn, zal ook de stroom door R10 en C4 constant zijn. Het gevolg is dat de spanning over de condensator C4 lineair zal stijgen. Omdat de linker plaat van deze condensator echter door de operationele versterker geclampt wordt op de helft van de voedingsspanning, zal de zich in C4 ophopende lading uiten in een lineaire daling van de spanning op de rechter plaat, dus op de uitgang van IC1B. Deze dalende spanning wordt via de weerstand R8 terug gekoppeld naar de niet-inverterende ingang van IC1A. Op een bepaald moment wordt de spanning op deze ingang kleiner dan de helft van de voedingsspanning. De als comparator geschakelde IC1A klapt om, de uitgang wordt lager dan de helft van de voedingsspanning. Het gevolg is nu dat de stroom die door R10 en C4 vloeit van richting gaat veranderen. De condensator C4 wordt nu lineair ontladen, zodat de uitgangsspanning van IC1B stijgt. Ook deze spanning wordt weer teruggekoppeld naar IC1A. Na enige tijd wordt de spanning op de niet-inverterende ingang groter dan de helft van de voedingsspanning, zodat de schakeling weer omklapt en de uitgang weer groter wordt dan de helft van de voedingsspanning. Op de uitgang van IC1B ontstaat dus een driehoekvormige spanning, die symmetrisch varieert rond de helft van de voedingsspanning.

14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen



Figuur 4/14.11-5: Het volledig schema van de pulsbreedte gestuurde voeding.

14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen

Bij een voedingsspanning van 12 V zal de driehoek variëren tussen 4,5 V en 7,5 V. De frequentie van de driehoek is afhankelijk van de waarde van de condensator C4 en de weerstand R10. De topwaarden van het signaal worden bepaald door de weerstanden R8 en R9.
Het uitgangssignaal van de driehoekgenerator wordt via de weerstand R12 aangeboden aan de niet-inverterende ingang van IC1D. Dit is de comparator uit het blokschema van figuur 4/14.11-3.
De uitgang van deze schakeling stuurt een complementaire eindtrap, waarvan de twee emitters rechtstreeks met elkaar verbonden zijn. Dit is de uitgang van de eigenlijke comparatorschakeling.
Deze uitgang stuurt via de kleine weerstand R14 (beveiliging!) de gate van de MOS-FET BUZ 71A. Anderzijds wordt dit signaal via de grote weerstand R13 ook terug gekoppeld naar de niet-inverterende ingang van IC1D. Deze weerstand zorgt, samen met de veel kleinere soortgenoot R12, voor een kleine hysteresisch in de werking van de comparator. Het voordeel hiervan is dat de schakeling snel omschakelt.
Als men genoegen zou nemen met een regelbereik van +4,5 V tot +7,5 V (bij 12 V voeding), dan zou de schakeling rond IC1C overbodig zijn. Maar dat is een erg onpraktisch regelbereik. Om het gewenste regelbereik van 0 V tot +2,5 V om te zetten in een stuurspanning van +7,5 V tot +4,5 V heeft men de vierde operationele versterker nodig. IC1C is geschakeld als inverterende sommeerversterker. De via de weerstand R5 aangevoerde regelspanning wordt geïnverteerd en opgeteld bij een instelspanning die bepaald wordt door de weerstanden R3 en R4. Het resultaat van dit alles is dat de schakeling volledig lineair wordt aangestuurd van 0 % vermogen bij 0 V aan de ingang tot 100 % vermogen bij +2,5 V aan de ingang.
Blijft nog de vraag waarom men de MOS-FET, een onderdeel dat per definitie door een gate-spanning wordt aangestuurd, moet voeden uit een complementair trapje. Dat heeft alles te maken met het feit dat het van het grootste belang is dat de MOS-FET zo snel mogelijk van sper naar geleiding schakelt en vice versa. Een FET heeft steeds een paracitaire capaciteit in de gate. Deze wordt opgeladen tot de gate-spanning. Bij een vermogens MOS-FET zoals de BUZ 71B is deze paracitaire capaciteit tamelijk groot, namelijk ongeveer 500 pF. De uitgang van de gebruikte op-amp heeft een tamelijk hoge impedantie en deze zou er voor zorgen dat de gate-condensator vrij traag zou op- en ontladen tot de gate-spanning. De complementaire eindtrap heeft een te verwaarlozen inwendige weerstand die in staat is even een grote stroom te leveren of op te nemen. Deze stromen zorgen voor een zeer snel op- en ontladen van de paracitaire gate-capaciteit. De MOS-FET schakelt dan bliksemsnel van geleiden naar sperren, met als gevolg dat er erg weinig vermogen in het onderdeel wordt gedissipeerd.
Door middel van de instelbrug BR1 kan men de regelspanning ofwel betrekken van de ingebouwde potentiometer R2 ofwel van de soldeerlip ST3. In het laatste geval moet men de stuurspanning dus via een externe schakeling genereren. Met de instelbrug BR2 kan men de belasting ofwel voeden uit de voedingsspanning van de schakeling ofwel uit een externe via ST5 toe te voeren gelijkspanning. De belasting wordt aangesloten tussen de soldeerpennen ST6 en ST7. De diode D1 beschermt de schakeling tegen grote tegenelektromotorische spanningen (TEMK's) die in inductieve belastingen

ontstaan als deze pulsvormig gevoed worden.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:

R1	=	270	kΩ
R3	=	56	kΩ
R4,R5,R8	=	22	kΩ
R6,R7,R9	=	100	kΩ
R10,R12	=	1	kΩ
R11	=	27	kΩ
R13	=	1	MΩ
R14,R15	=	10	Ω

Potentiometer, lineair, mono:

R2	=	47	kΩ

Condensatoren:

C1,C3,C5,C8	=	100	nF	ceramisch
C2	=	1	μF	100 V elco
C4	=	39	nF	MKH
C6	=	470	μF	50 V elco
C7	=	47	μF	50 V elco

Halfgeleiders:

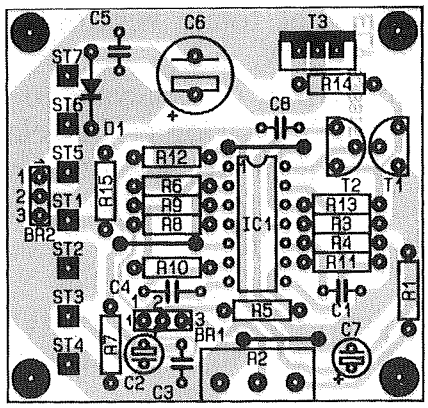
D1	=	SB120
T1	=	BC337
T2	=	BC327
T3	=	BUZ71A
IC1	=	TL084

Diversen:

7 x soldeerlipje
2 x instelbrug 3-polig
1 x koelplaat naar behoefte

De bouw van de schakeling

Alle onderdelen kunnen ondergebracht worden op het kleine printje van figuur 4/14.11-6. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.11-7.
Na het aanbrengen van de vijf draadbruggen kunnen alle onderdelen in de logische volgorde klein naar groot gemonteerd en gesoldeerd worden. Gebruikt men de schakeling vast in combinatie met de een of andere verbruiker, dan kan men de twee instelbruggetjes vervangen door twee kleine draadbruggetjes. Voedt men de belasting samen met de voeding uit een en dezelfde gelijkspanning, dan moet men de contacten 3-2 op beide instelbruggetjes vervangen door draadbruggetjes. De drie transistoren moeten zo ver mogelijk in de print geduwd worden. De MOS-FET is zo op de print geplaatst, dat men het onderdeel gemakkelijk op een koelplaat kan monteren. De grootte van de koelplaat is uiteraard afhankelijk van de stroom die moet geregeld worden. Met de in deze beschrijving genoemde gegevens kan men gemakkelijk het maximale vermogen berekenen dat er in de MOS-FET gedissipeerd wordt.

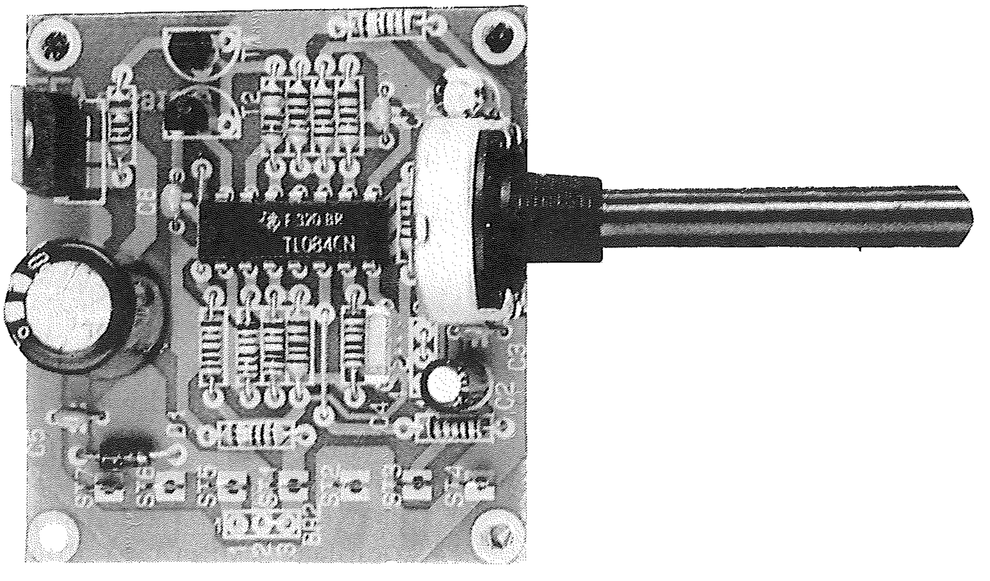


Figuur 4/14.11-7: De componentenopstelling van de PWM-voeding.

Een voorbeeld

Stel dat men met deze schakeling twee 100 W halogeenlampjes van 24 V wil regelen. De piekstroom door zo'n lamp bedraagt 100 W gedeeld door 24 V is gelijk aan 4,17 A.

14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen



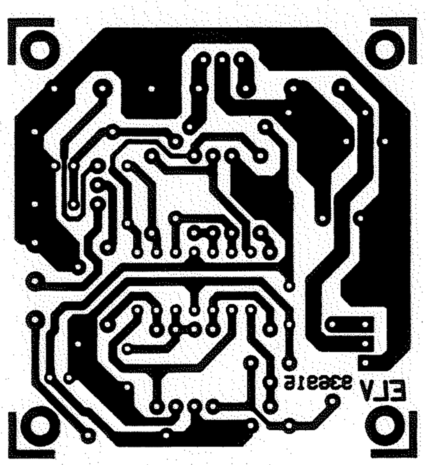
Figuur 4/14.11-8: Het volledig gemonteerd proto-type.

Door de MOS-FET vloeit dus een maximale stroom van 2 x 4,17 A is gelijk aan 8,33 A. Iedere ampère belastingsstroom dissipeert ongeveer 0,15 W in de MOS-FET, zodat het totale vermogen gelijk wordt aan 1,25 W.
Aan de hand van de gegevens in hoofdstuk 6/13 kan men voor iedere belastingsstroom een geschikte koelplaat selecteren. Reken voor de veiligheid met het dubbele vermogen!

Tot slot geeft figuur 4/14.11-8 een voorbeeld van de volledig gemonteerde schakeling (zonder koelplaat).

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze pulsbreedte gestuurde voeding in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief print met componentenopdruk, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal, telefoon 05486-17475, fax 05486-12678. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 14.618. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.11 Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen



Figuur 4/14.11-6: De print van de schakeling.

4/14.12
Universele timer

Deze universele timer, met insteltijden tussen 1 sec en 1000 sec kan op vele plaatsen worden gebruikt, denk aan de donkere kamer, bij het telefoneren etc. De schakeling is opgebouwd rond het alom bekende NE 555 IC. Het schakelvermogen van de uitgangstransistor is groot genoeg voor de meest voorkomende toepassingen. De uitgang kan met een stroom van 8A belast worden, bij een maximale uitgangsspanning van 100V. Voor wie dit vermogen niet groot genoeg is, of voor degenen die een galvanische scheiding willen bestaat natuurlijk de mogelijkheid een relais aan te sluiten op de uitgang. De letters A, B en B′ in het schema geven de punten aan, waar de schakelaar met de decade weerstanden en de optionele serieweerstand van 10K aangesloten moeten worden. Bepalend voor de schakeltijd zijn de tantaalelco aan pen 6 en 7 van de NE 555 en de weerstanden tussen A en B′. Voor deze RC-combinaties moeten zeer goede componenten gebruikt worden, daar de nauwkeurigheid van de schakeling van deze componenten afhangt. De mogelijke instellingen lopen van 1 sec (x0,1) tot 1000 sec (x100). Door de condensator aan pen 6 en 7 een factor 10 kleiner te kiezen worden alle tijden met dezelfde factor verkleind (waarden tussen blokhaken in het schema).

De werking

Na een triggerpuls, die van de drukknop wordt betrokken, komt transistor T2 in geleiding, terwijl ook de LED aan zal gaan. Na afloop van de ingestelde tijd zal de transistor weer sperren en de LED uitgaan. De condensator aan pen 6 en 7 moet een zeer geringe lekstroom hebben. De meeste tantaalelco's voldoen aan die eis. Indien gewenst kan men in de schakeling nog een reset mogelijkheid aanbrengen door pen 4 te verbinden met een drukknop, waarvan de andere zijde aan de massa ligt.

Onderdelenlijst

Halfgeleiders

Transistor T1	BC 237
Transistor T2	BD 701
Diode	1N4004
1	LED
IC	NE 555

Condensatoren

1 2,2 μF tantaal
1 10 μF tantaal
1 100 μF tantaal
1 10 nF
1 1 nF

14.12 Universele timer

Weerstanden (in schakeling)

1 1K
1 27K
1 10K
1 4K7
1 22K
1 470 Ohm

Decade weerstanden

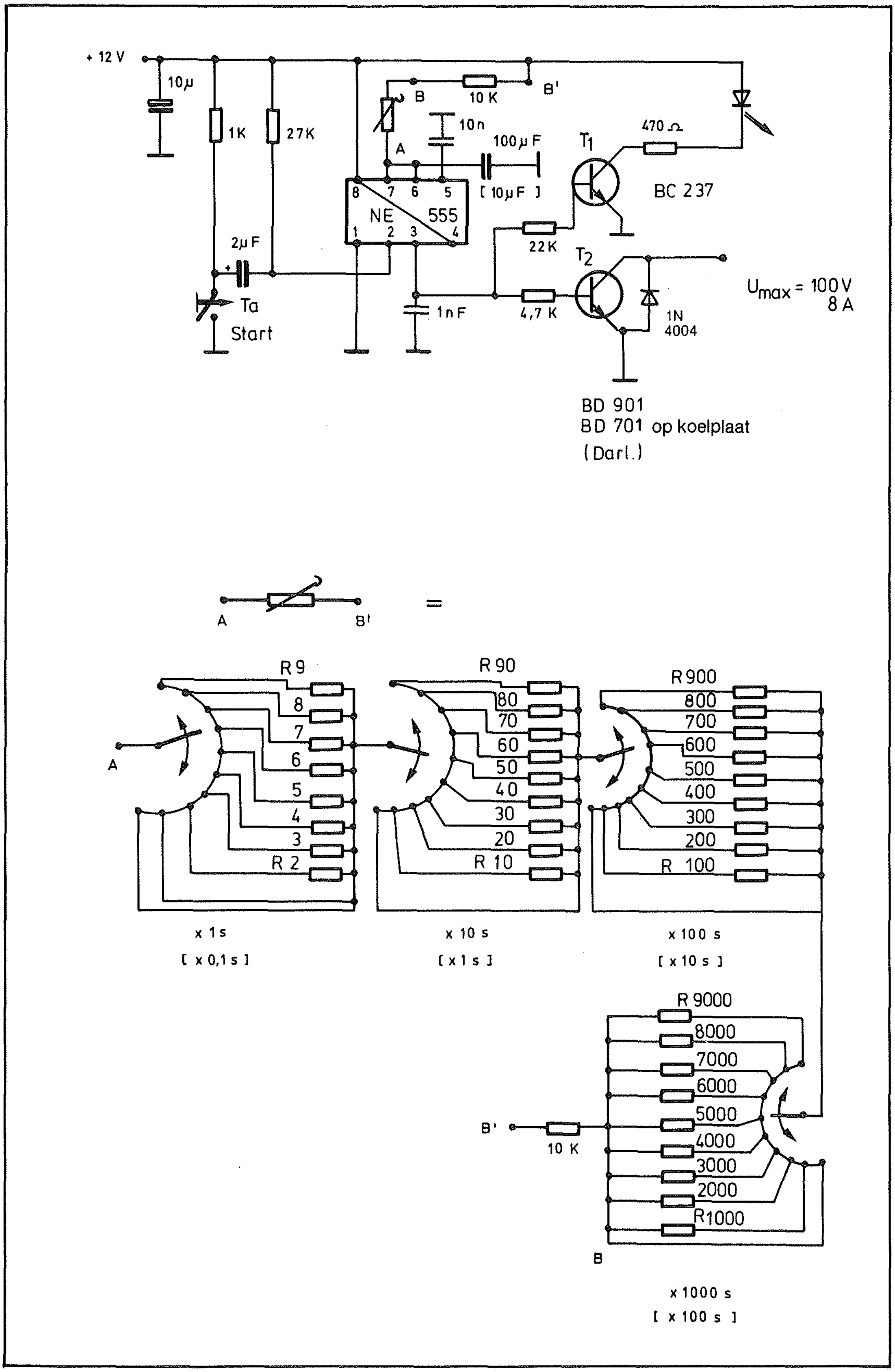
1 weerstand van elk der volgende waarden:

8K2; 18K; 27K; 35K; 44K; 51K; 62K; 71K; 82K; 180K; 270K; 360K; 470K; 510K; 620K; 750K; 820K; 910K; 1M8; 2M7; 3M6; 4M3; 5M1; 6M2; 7M2; 8M2; 9M1; 18M; 27M; 36M; 45M; 54M; 63M; 72M; 82M.

Diversen

1 Drukknop
4 10-stappen schakelaars.

14.12 Universele timer



Figuur 4/14.12 -1: Het schema

4/14.13
Elektronische tijdschakelaar

Elektriciteit is kostbaar in meer dan een betekenis. Apparaten die onnodig aan staan, of een licht dat ergens onnodig brandt zijn dus een verspilling. Deze verspilling belast zowel het milieu als uw portemonnee.

De elektronische tijdschakelaar voorkomt het ongewenste aanstaan van elektrische apparaten door ze na een ingestelde tijd vanzelf weer uit te schakelen. De tijdschakelaar is bedoeld voor gebruik bij 220V en maakt gebruik van een triac. Het aan- en uitschakelen gebeurt met een drukknop of een aanraakschakelaar. Schakelen gebeurt op de nuldoorgangen van de wisselspanning. De voeding voor de schakeling zelf wordt via een capacitieve spanningsdeler uit de netspanning verkregen. Deze spanningsdeler beschermt tegelijkertijd de triac tegen spanningspieken uit het net. Vanwege het geringe stroomverbruik en de storingsongevoeligheid werden in deze schakeling CMOS-componenten toegepast. De schakeling is zeer compact uitgevoerd, zodat met een kleine (inbouw-) behuizing kan worden volstaan.

De werking
De schakeling kan worden onderverdeeld in een aantal blokken met elk een specifieke functie. Hieronder volgt een beschrijving van de werking van elk der afzonderlijke blokken.

De triac met zijn ontsteking
De triac kan zelf worden gekozen, waarbij men rekening moet houden met de volgende eisen: De benodigde ontsteekstroom moet kleiner zijn dan 100mA, de sperspanning moet hoog genoeg zijn voor gebruik bij 220V en de doorlaatstroom moet groot genoeg zijn om de gewenste belasting te kunnen schakelen. R1 verbetert de spertoestand van de triac. Als de uitgang van poort N3 laag is dan krijgt de triac ontsteekstroom.

De voeding
Als de triac spert, staat de volle netspanning over de anode/kathode aansluitingen. Als de triac in geleiding is zullen er kleine, maar zeer steile piekspanningen over de triac staan. Deze spanningen zorgen via de begrenzingsweerstand R4 voor een wisselspanning op C1. Het negatieve deel van deze wisselspanning wordt via D2 kortgesloten, het positieve deel zorgt ervoor, dat via D3 buffercondensator C4 wordt opgeladen. De spanning over C4 wordt begrensd door zenerdiode D4. Weerstand R5 dempt eventuele spanningspieken, die mochten ontstaan door de traagheid van de dioden D2 en D3.

Aan/uit indicatie
Voor de aan/uit toestand van de schakeling kan natuurlijk op de ge-eigende manier een neonlampje worden toegepast. In de schakeling is echter voor dit doel een LED aanwezig. De stroom door de

LED wordt door een RC-voorschakeling begrensd. (R6/C3). Zenerdiode D5 zorgt voor het doorlaten van de stroom in sperrichting van de LED en bij afwezigheid van de LED natuurlijk ook voor de stroom in de doorlaatrichting van de LED.

De nuldoorgangsdetector
In deze beschrijving staan de nummers 1 t/m 4 tussen haakjes in de tekst. Deze nummers verwijzen naar de signalen in figuur 4/14.13-2.
De nuldoorgangsdetector detecteert de doorgangen in positieve en negatieve richting van de over de triac staande netspanning (1). Als de spanning op de ingang van de CMOS-NAND-poort, die wordt verkregen van de spanningsdeler R7/R9, hoger wordt dan de helft van de voedingsspanning U_0 dan wordt de uitgang van deze poort laag (2). Het gevolg hiervan is, dat de uitgang van poort N2 hoog zal worden (3). Als nu de uitgang van FF2 ook hoog is (IGE=ignition enable) dan zal de uitgang van N3 laag worden (4) en daarmee wordt de triac getriggerd.
Een dergelijk proces speelt zich bij de negatieve helft van de netspanning af. Als de spanning op de ingang van poort N2 lager wordt dan de helft van de voedingsspanning O_0 dan wordt uitgang van deze poort hoog met hetzelfde gevolg als boven. De spanningsdeler aan de ingang bestaat ditmaal uit de weerstanden R8 en R10.
Als de uitgang van FF2 (IGE) hoog is krijgt de triac ontsteekstroom tot hij in geleiding is. Dan zal echter de spanning aan de ingang van de nuldoorgangsdetector verdwijnen, waardoor het ontstekingscircuit wordt onderbroken. Deze eenvoudige terugkoppeling zorgt ervoor, dat de ontsteekpuls zo kort mogelijk is en dat de triac bij elke belasting goed schakelt.

Aangezien de voeding van de schakeling zelf wordt afgeleid van de spanning die over de triac staat, kan de ontsteking pas werken bij een ontsteekhoek $> 0^0$. Deze ontsteekhoek wordt bepaald door de spanningsdelers R7/R9 resp. R8/R10. Hoe groter de benodigde ontsteekstroom van de triac en hoe groter de inductie van de belasting, des te groter moet de ontsteekhoek worden ingesteld.

De timer
Aan de uitgang van poort N1 staat een blokgolf met een frequentie van 50 Hz. Na filtering door R3 en C2 wordt dit signaal door de twee binaire 2^{12} delers Z1 en Z2 gedeeld. De verbinding van punt B met een der uitgangen Q1 tot Q24 is bepalend voor de tijd dat de belasting na te zijn ingeschakeld aan zal blijven.

De ingangsschakeling
De poort N4 heeft als taak detectie en versterking van het signaal van de aanraakschakelaar. FF1 is een ingangsfilter en FF2 dient als geheugen van de gewenste toestand.
De uitgang van poort N4 is in rust laag. Als op de drukknop wordt gedrukt of de sensor wordt aangeraakt, wordt de uitgang hoog. Hierdoor worden de tellers op nul gezet en wordt de uitgang Q van FF1 hoog. Het gevolg is, dat FF2 omschakelt, waardoor de triac al dan niet kan worden getriggerd.
Als de drukknop ingedrukt blijft, verandert er niets, daar de tellers op nul blijven. Na het loslaten van de drukknop en eventueel denderen van de contacten verandert er in eerste instantie niets. Pas wanneer via A de flipflop FF1 gereset is heeft het indrukken van de druktoets weer effect. Hiermee bereikt men een effectieve contactdender onderdrukking. Als men aan de print een kleine wijziging aanbrengt, kan men door het verleggen van

punt A naar een andere uitgang de contactdendervertraging langer maken. Daarmee bereikt men dan, dat de schakelaars gedurende langere tijd niet zal reageren, zodat de schakeltoestand niet van buitenaf kan worden veranderd. Snel na elkaar aan en uitschakelen wordt dan onmogelijk.

Teller uitg.	Tijden uur	min	sec
Q_1			0,04
Q_2			0,08
Q_3			0,16
Q_4			0,32
Q_5			0,64
Q_6			1,28
Q_7			2,56
Q_8			5,12
Q_9			10,2
Q_{10}			20,5
Q_{11}			41,0
Q_{12}		1	21,9
Q_{13}		2	43,8
Q_{14}		5	27,7
Q_{15}		10	55,4
Q_{16}		21	50,7
Q_{17}		43	41,4
Q_{18}	1	27	22,9
Q_{19}	2	54	45,8
Q_{20}	5	49	31,5
Q_{21}	11	39	3,0
Q_{22}	23	18	6,1
Q_{23}	46	36	12,2
Q_{24}	93	12	24,4

Tabel 4/14.13-1:
In te stellen tijden

Tabel 4/14.13-1 laat de tijden zien gedurende welke het onmogelijk is opnieuw te schakelen bij gebruik van aansluiting A en de tijd dat het apparaat na inschakelen aan blijft bij gebruik van aansluiting B. Andere tijden kunnen worden bereikt, door met behulp van poorten verschillende uitgangen te combineren.

Er moet op worden gelet, dat tussen de componenten C1,R7,R8 en eventueel R15 voldoende ruimte wordt gehouden. De voedingsspanning is afhankelijk van de schakeltoestand van de triac en is ca 8,5V als de triac spert en ca 13,5V als de triac geleidt. Vergeet de draadbruggen niet en ook moet punt B worden verbonden met minstens 1 der uitgangen om de timer functie te krijgen. Op de print is B het lange printspoor met soldeergaten boven en onder Z1 en Z2.

Samenvatting

Deze schakeling is een aan-/uit-schakelaar met een instelbare inschakeltijd. De tijd tussen het mogelijk opnieuw aan- c.q. uitschakelen is eveneens instelbaar. De schakeling heeft geen last van contactdender en geeft geen netstoring. Een smoorspoel tegen hoogfrequentstoringen is niet nodig, omdat de ontsteekhoek nagenoeg nul is. De inductie van de last is niet belangrijk. Alleen moet bij de keuze van de triac rekening worden gehouden met de tegen emk. De schakeling kan in een klein in de handel verkrijgbaar kastje worden ingebouwd.

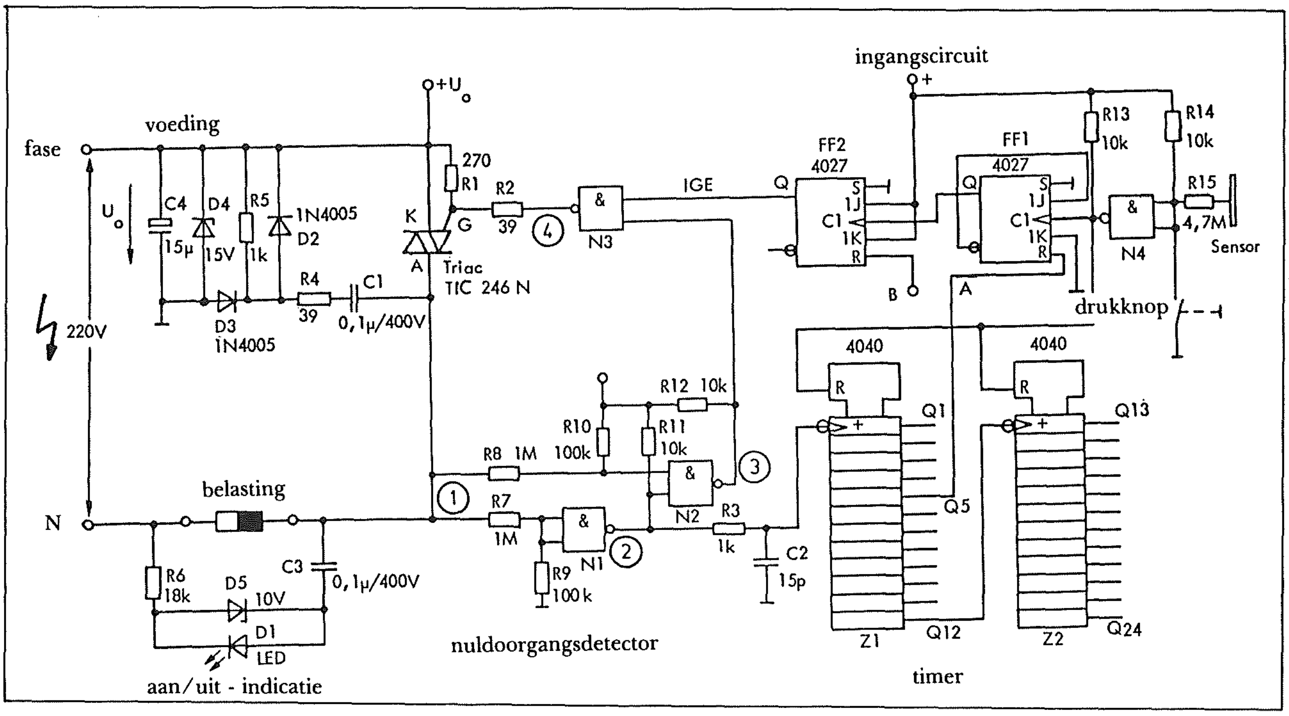
Belangrijk!

Op de print staat netspanning. Niet aanraken als de schakeling in gebruik is. **LEVENSGEVAAR!!** De behuizing aarden. Voor aansluitingen met net en belasting materiaal gebruiken, dat voor netspanning is bedoeld. Niet gebruiken in vochtige ruimtes. Er is geen galvanische scheiding tussen net en belasting. Nabouw en gebruik voor eigen risico. Alleen Kema gekeurde materialen en behuizing gebruiken.

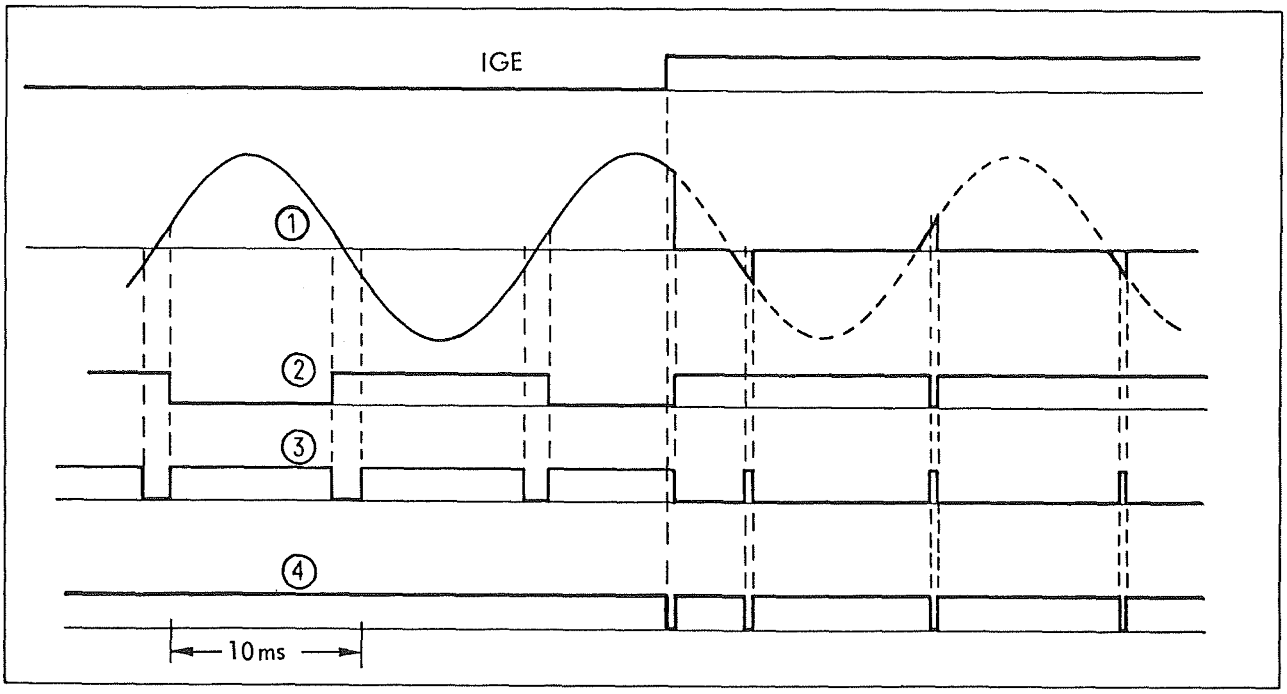
Onderdelen lijst elektronische tijdschakelaar

Aanduiding	Soort	Type cq waarde	Aantal	Opmerkingen
N1, N2, N3, N4	Dual 2-input NAND buffer driver	40107	2	RCA
Z1, Z2	12-bit binaire deler	4040	1	RCA
FF1, FF2	Dual JK-Master-Slave flip flop	4027	1	RCA
Triac	(voorbeeld)	TIC 246N	1	TI
D1	LED, universal		1	
D2, D3	Diode	IN 4005	2	
D4	Z-diode	ZP 15	1	
D5	Z-diode	ZP 10	1	
R1	weerstand	270 ohm	1	0,25W, 5%
R2, R4	weerstand	39 ohm	2	0,25W, 5%
R3, R5	weerstand	1 K	2	0,25W, 5%
R6	weerstand	18 K	1	0,25W, 5%
R7, R8	weerstand	1 M	2	0,25W, 5%
R9, R10	weerstand	100 K	2	0,25W, 5%
R11, R12 R13, R14	weerstand	10 K	4	0,25W, 5%
R15	weerstand	4,7 M	1	0,25W, 5%
C1, C3	condensator	0,1 uF, 400V~	2	Wima MKP 10
C2	condensator	15 pF, 400V~	1	Keramisch
C4	condensator	15 uF, 15V	1	Elco
DK	drukknop		1	

14.13 Elektronische tijdschakelaar

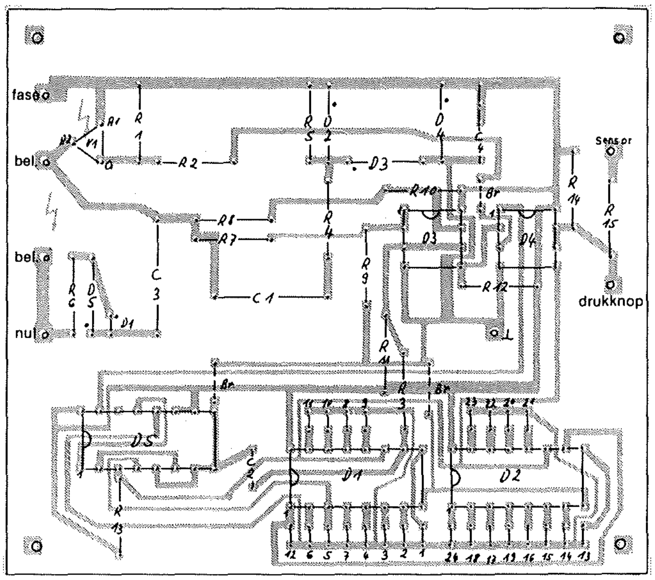


Figuur 4/14.13-1:
Het schema



Figuur 4/14.13-2:
Spanningsvormen

14.13 Elektronische tijdschakelaar



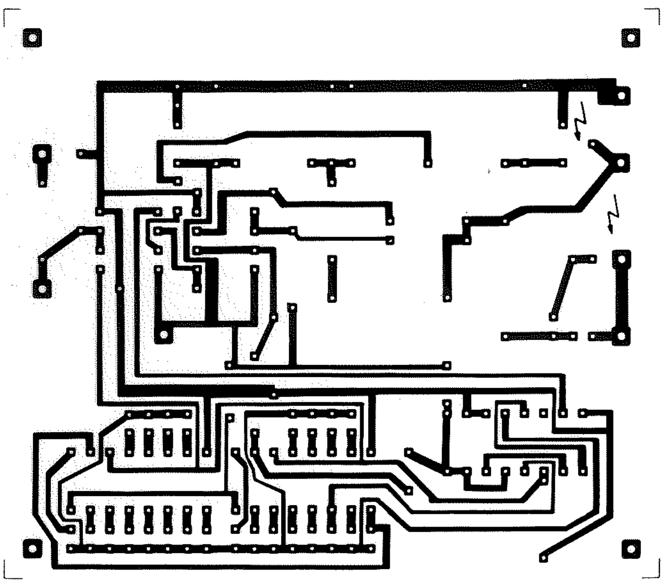
In de kaders is
V1 = Triac
D1 = Z1 (4040)
D2 = Z2 (4040)
D3 = N1, N2 (40107)
D4 = N3, N4 (40107)
D5 = FF1, FF2 (4027)
Br = draadbrug

Figuur 4/14.13-3:
Onderdelen plattegrond

Pen	40107
1	IN1A
2	IN1B
3	Q1
4	Vss
5	Q2
6	IN2A
7	IN2B
8	Vdd

Figuur 4/14.13-5:
Aansluitgegevens IC 40107

14.13 Elektronische tijdschakelaar



Figuur 4/14.13-4:
Print lay-out

4/14.14

Transformatorloze AC/DC omzetter

Inleiding

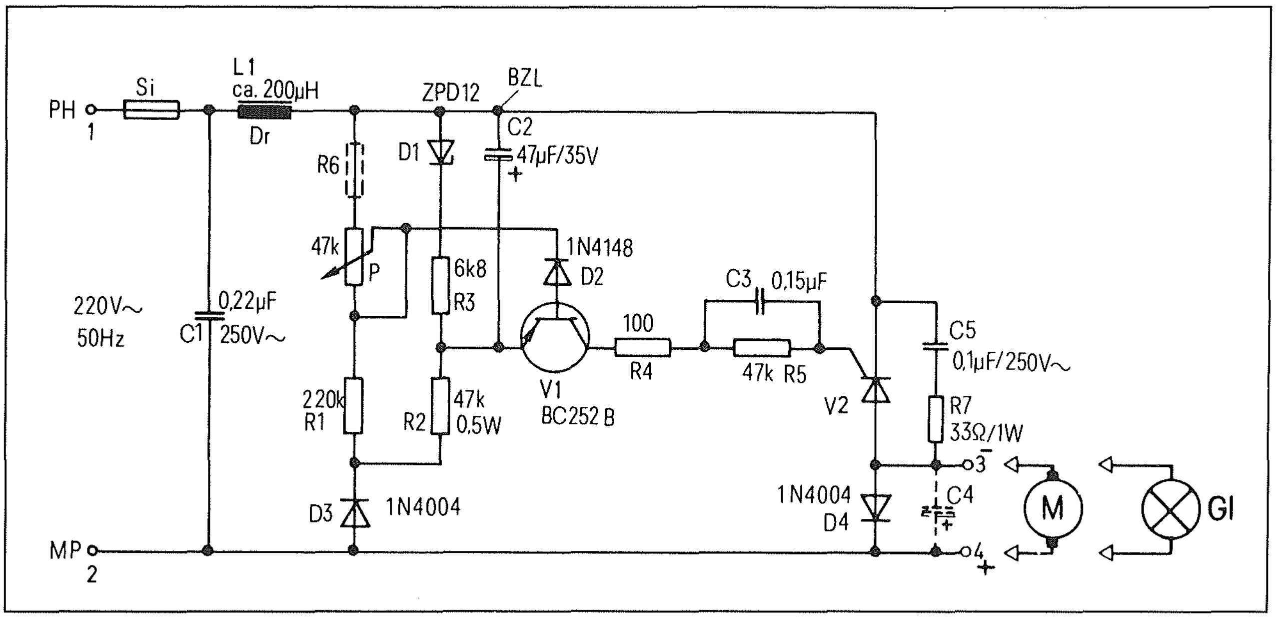
Met deze schakeling kan men gelijkspanningsverbruikers met lage bedrijfsspanningen, zoals 24 V gloeilampen en idem motoren, rechtstreeks uit het 220 V wisselspanningsnet voeden zonder gebruik te moeten maken van zware transformatoren.
Men moet er echter wel rekening mee houden dat de schakeling slechts gebruik maakt van een halve periode van de netspanning, zodat de gelijkspanning op de uitgang is opgebouwd uit 50 pulsen per seconde en niet uit 100, zoals dat het geval is bij een normale thyristor-regeling.

In principe zou men een dergelijke schakeling kunnen samenstellen volgens de gebruikelijke fase-aansnij besturings-principes. Bij dat soort schakelingen wordt de netspanning via een RC-netwerk in fase verschoven en wordt deze in fase verschoven spanning gebruikt voor het ontsteken van een thyristor of triac. Door de fase-hoek te variëren kan men de triac op ieder gewenst moment in de periode van de wisselspanning ontsteken. Hoe kleiner de fase-verschuiving, hoe groter de openingshoek van de triac of thyristor. Dit systeem werkt uitstekend voor tamelijk grote openingshoeken en iedere standaard lichtdimmer maakt op de een of andere manier gebruik van dit principe. Wil men dit systeem echter speciaal toepassen voor het omzetten van de 220 V in zeer lage uitgangsspanningen, dan zal men vaststellen dat de spreiding op de openingshoek te groot is en dat er bovendien vrij vaak stoorpulsen optreden die de openingshoek momenteel zelfs kunnen verdrievoudigen. Hetgeen tot zeer grote uitgangsspannings-variaties kan leiden en tot doorbranden van de op de schakeling aangesloten verbruikers.
Bovendien zijn normale fase-aansnij regelingen, ingesteld op kleine openingshoeken, zeer gevoelig voor netspannings-variaties.
Bij het dimmen van 220 V lampen heeft men van deze verschijnselen niet zoveel hinder. Het enige dat kan gebeuren is dat de intensiteit van de gedimde lamp even wat groter wordt. Zou men echter een 24 V lamp op de dimmer aansluiten en zou door een stoorpuls de uitgangsspanning, al is het maar even, tot bijvoorbeeld 50 V stijgen, dan zou de lamp onmiddellijk doorbranden.

Schema-beschrijving

Het schema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.14-1. De openingshoek van de thyristor D5 is met behulp van een potentiometer P in te stellen tussen ongeveer 20 en 60 graden. Op de

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter



Figuur 4/14.14-1: Het volledige schema van de transformatorloze wissel- naar gelijkspannings omzetter.

uitgang van de schakeling verschijnt dus een pulserende spanning met een gemiddelde waarde van −3 tot −24 V. Dat deze uitgangsspanning negatief is wordt veroorzaakt door het feit dat de schakeling alleen de negatieve helften van de netspanning bewerkt. Bij de meeste toepassingen zal men deze onafgevlakte spanning onmiddellijk aan de verbruiker kunnen aansluiten. Zou men toch hinder ondervinden, bijvoorbeeld flikkeren van een lamp of stoten van een motor, dan kan men de uitgangsspanning afvlakken door over de uitgangen van de schakeling een elektrolytische condensator C4 te schakelen.

De openingshoek van de schakeling en dus de gemiddelde waarde van de uitgangsspanning kan overigens zeer gemakkelijk worden aangepast aan de individuele behoeften. Zo zou men het regelbereik kunnen vergroten tot 5° door de potentiometer te vervangen door een 500 kΩ exemplaar. De openingshoek wordt dan instelbaar tussen 5 en 60 graden, hetgeen overeenkomt met een gemiddelde uitgangsspanning tussen −0,2 en −24 V.

De maximale openingshoek van de thyristor en dus ook de maximale uitgangsspanning kan worden begrensd door in serie met de potentiometer een vaste weerstand (R6 in het schema) op te nemen.

De werking van de schakeling is als volgt.

De negatieve helften van de netspanning worden via de diode D3 aangeboden aan een brugschakeling. De ene tak van deze brug is samengesteld uit de onderdelen D1, R3, en C2. Deze vaste tak van de brug legt de emitterspanning van de transistor T1 vast op een spanning van ongeveer +20 V, gemeten ten opzichte van het punt BZL. De condensator C2 vlakt deze spanning af, zodat men kan stellen dat de emitter op een gelijkspanning staat ingesteld. De lin-

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter

ker tak van de brug is samengesteld uit de onderdelen R6, P en R1. De spanning op de loper van de potentiometer wordt via de diode D2 aangeboden aan de basis van de transistor.
De spanning op deze loper is niet afgevlakt en volgt dus het verloop van de negatieve helft van de netspanningsperiode. De diode D2 en de transistor T1 gaan geleiden op het moment dat de spanning op de loper van de poteniometer ongeveer 1 V negatiever wordt dan de spanning op de emitter. Het zal duidelijk zijn dat het moment waarop dit gebeurt afhankelijk is van de stand van de loper van de potentiometer. Op deze manier kan men de transistor open sturen op ieder gewenst moment in de negatieve cyclus van de netspanning.

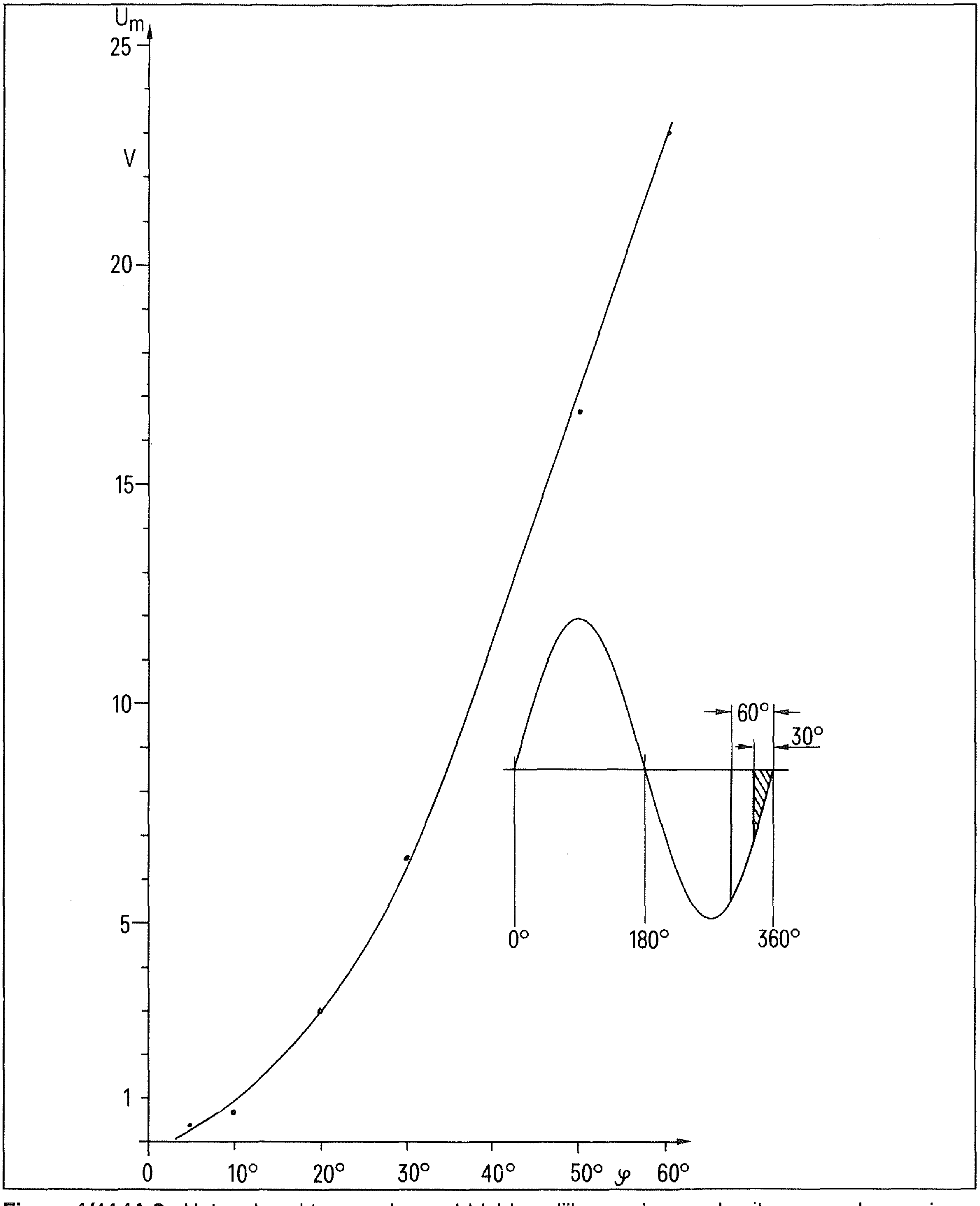
Het in geleiding sturen van de transistor heeft tot gevolg dat er een stroompuls in de gate van de thyristor D5 wordt gestuurd. Deze puls heeft een breedte van ongeveer 200 µs en een stijgtijd van ongeveer 100 µs. Er vloeit stroom door de thyristor en de op de schakeling aangesloten belasting.

Stoorpulsen bij de aanvang van een periode van de netspanning hebben geen effect op de schakeling, omdat de transistor T1 geleidt en de condensator C3 opgeladen is.
Ook de grootte van de netspanning heeft geen invloed op de werking van de schakeling. Dit is als volgt te verklaren. De spanning op de emitter van de transistor wordt bepaald door een van de netspanning onafhankelijke spanning over de zenerdiode D1 en een wel van de netspanning afhankelijke spanning over weerstand R3. De verhouding tussen de spanningen over de diode en de weerstand is nu zo gekozen dat de transistor eerder gaat geleiden als de netspanning daalt en later gaat geleiden als de netspanning stijgt. Hetgeen tot gevolg heeft dat de gemiddelde spanning op de uitgang constant blijft.
Vervangt men de serie-schakeling D1-R3 door een enkele zenerdiode van 20 V, dan zal de uitgangsspanning overproportioneel reageren op netspanningsschommelingen. Een dalende netspanning heeft een stijgende uitgangsspanning tot gevolg.
Vervangt men de serie-schakeling door een enkele weerstand van bijvoorbeeld 18 kΩ, dan zal de uitgangsspanning recht evenredig met de netspanning variëren.

Enige opmerkingen over het stroomverbruik

De schakeling op zich verbruikt erg weinig vermogen. De besturingsschakeling ongeveer 0,6 W, de thyristor evenveel als de stroom die er doorheen vloeit. Een gemiddelde belastingsstroom van 10 A heeft dus een thermisch verlies-vermogen van 10 W in de thyristor tot gevolg.
Toch mag men niet vergeten dat de piekstromen die door de schakeling vloeien erg groot kunnen zijn en men moet dan ook de zekering en de verbindingen met de belasting op deze piekstromen berekenen.
Vergeet niet dat er gemiddeld een spanning van −24 V over de uitgang staat, maar dat de piekwaarde van deze spanning veel en veel groter is!
Een voorbeeld.
Stel dat een motor van 24 V met een bedrijfsstroom van 10 A op deze schakeling wordt aangesloten. Uit de grafiek van figuur 4/14.14-2 kan men afleiden

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter



Figuur 4/14.14-2: Het verband tussen de gemiddelde gelijkspanning op de uitgang en de openingshoek van de thyristor.

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter

dat voor een gemiddelde uitgangsspanning van −24 V eèn openingshoek ϕ van 60° noodzakelijk is.
Er vloeit dan gedurende

$$\frac{60^\circ}{360^\circ} = 1/6$$

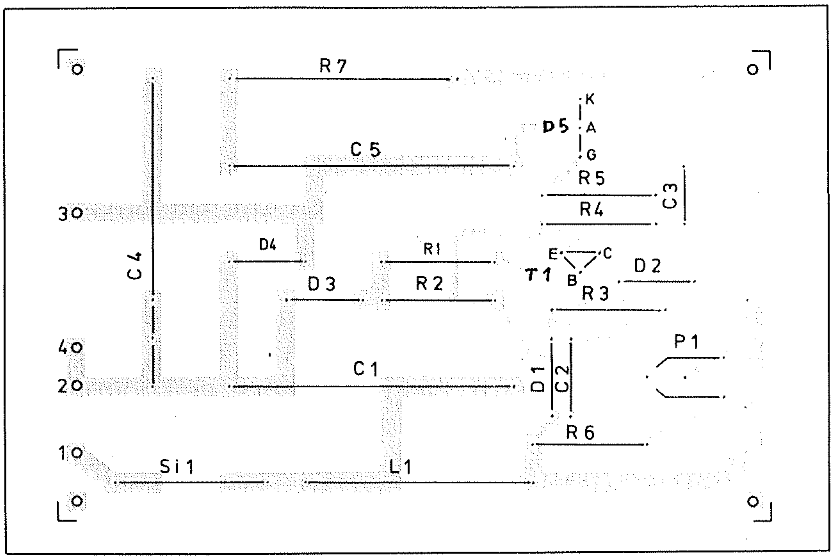
van een periode stroom door de motor.
In deze geleidingsperiode moet de gemiddelde stroom dus
10 A . 6 = 60 A
groot zijn!
Neemt men voor het gemak aan dat de stroom/tijd grafiek driehoekvormig verloopt, dan kan men berekenen dat de stroom in deze 1/6 periode stijgt van 0 tot 120 A!

Uit dit voorbeeld kan men enige zeer belangrijke eisen afleiden.
– de leidingen tussen het net en de schakeling en tussen de schakeling en de belasting worden door zeer grote piekstromen doorlopen en deze moeten dan ook, om resistieve verliezen te minimaliseren, zo dik mogelijk worden uitgevoerd;
– de zekering moet in staat zijn de piekstroom te verdragen;
– de thyristor moet in staat zijn zeer hoge kortstondige piekstromen te geleiden. Hoewel de meeste thyristoren behoorlijke pieken kunnen opvangen is het toch aan te bevelen er steeds de technische gegevens van de gebruikte thyristor op na te slaan! Het doorslaan van de thyristor heeft immers tot gevolg dat de volledige netspanning over de belasting komt te staan en hoewel de zekering onmiddellijk zal doorsmelten zal de belasting de eenmalige korte grote spanningspiek niet overleven!
– de schakeling mag niet gebruikt worden zonder de onderdelen L1, C5 en R7. Deze onderdelen zorgen niet alleen voor de hoogst noodzakelijke onderdrukking van hoogfrequente stoorsignalen, die iedere fase-aansnijsturing nu eenmaal opwekt en die de ontvangst van radio- en TV-signalen in de wijde omgeving kunnen storen, maar ook voor het vertragen van te snelle stroomvariaties in functie van de tijd. Iedere thyristor heeft immers een bepaalde maximale $\Delta I/\Delta t$-waarde en bij overschrijden van deze maximale waarde bestaat het gevaar dat de thyristor doorslaat. Hetgeen, zoals reeds opgemerkt, in de meeste gevallen tot gevolg heeft dat de op de schakeling aangesloten verbruiker in rook opgaat.

De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.14-3 geeft het printje dat voor deze schakeling werd ontworpen, figuur 4/14.14-4 de componentenopstelling.
De cijfers 1 tot en met 4 verwijzen naar de identiek gecodeerde aansluitpunten in het schema.
Als men geen gebruik maakt van de mogelijkheid het regelbereik te verkleinen door R6 in het schema op te nemen, mag men niet vergeten een draadbruggetje op de plaats van R6 op de print op te nemen.
Afhankelijk van het maximale vermogen van de op de schakeling aangesloten belasting moet men de thyristor op een min of meer groot koelplaatje (rechtopstaand) monteren. Over het thermische verlies in dit onderdeel is in de vorige paragraaf het een en ander gezegd, zodat het niet moeilijk is het verliesvermogen te bepalen.

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter



Figuur 4/14.14-4: Onderdelen opstelling.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:

R1 = 220 kΩ
R2 = 47 kΩ
R3 = 6,8 kΩ
R4 = 100 Ω
R5 = 47 kΩ
R6 = zie tekst
R7 = 33 Ω (1 W!)

Condensatoren:

C1 = 220 nF, 250 V~
C2 = 47 μF, 35 V
C3 = 150 nF, 100 V
C4 = 47 μF, 35 V
C5 = 100 nF, 250 V~

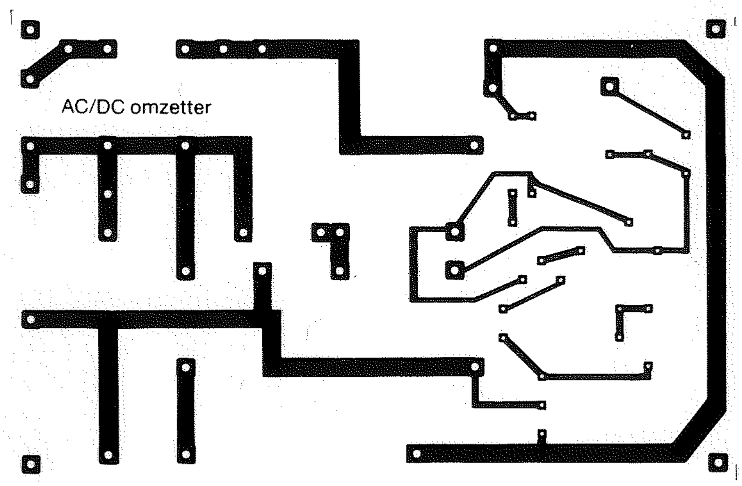
Halfgeleiders:

D1 = 12 V zener, 400 mW
D2 = 1 N 4148
D3 = 1 N 4004
D4 = 1 N 4004
D5 = thyristor, zie tekst
T1 = BC 252 B

Diversen:

L1 = 200 μH ontstoorspoel, max. stroom afhankelijk van belasting
Si = printzekeringhouder + zekering, afhankelijk van belasting

14.14 Transformatorloze AC/DC omzetter



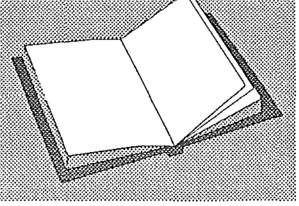
Figuur 4/14-3: Het printontwerpje voor de schakeling.

4/14.15

Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

Inleiding
Lichtsluizen zijn een bekend middel in de beveiligingstechniek. De meeste lichtsluizen werken echter met kleine infrarode LED's en hebben als gevolg daarvan een zeer gering bereik. Meer dan het beveiligen van een deuropening of een raam is niet mogelijk. Dit kleine bereik beperkt de toepassingsmogelijkheden van deze techniek. Toch zou men voor een lichtsluis met een veel groter bereik tal van nuttige toepassingen kunnen verzinnen. Een groot probleem in de beveiligingstechniek is bijvoorbeeld het beveiligen van grote open terreinen. De meest toegepaste techniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van TV-camera's en monitoren waarvan de schermen zijn voorzien van bewegingsdetectoren, is vrij duur en bovendien niet onder alle omstandigheden bruikbaar. Lichtsluizen met een zeer groot bereik zouden hiervoor veel beter geschikt zijn. Het volstaat dan immers het hekwerk rond het terrein om de zoveel tientallen meter te voorzien van een lichtzender en -detector. Hiermee wordt binnendringen van het terrein via het klimmen over het hek afdoende afgeschermd. Bovendien werkt dit systeem zowel in dag- als in nachtomstandigheden. Maar, waar vindt men lichtsluizen met een dergelijk groot bereik? In dit hoofdstuk! De besproken schakeling werkt met een laserdiode als zender en met een zeer gevoelige fotodiode als ontvanger. De door de zender uitgestraalde lichtstraal wordt gemoduleerd, waardoor het mogelijk is de gevoeligheid voor het omgevingslicht in de ontvanger te compenseren. Het bereik van het systeem is, onder alle mogelijke omstandigheden, gegarandeerd groter dan 100 meter. Het systeem werkt met rood zichtbaar licht. De fijne, dunne straal die door de zender wordt uitgestraald is als gevolg daarvan in het nachtelijke duister zeer goed zichtbaar. Dit lijkt misschien in eerste instantie een groot nadeel. Immers, wat heeft men aan een beveiligingssysteem als het medium van de beveiliging, de lichtstraal, zo goed zichtbaar is? Experimenten hebben echter uitgewezen dat van de zichtbare beveiligingsstraal een zeer grote preventieve werking uitgaat. Mensen met minder edele bedoelingen die een binnen te dringen terrein inspecteren merken onmiddellijk op dat het terrein beveiligd is en gaan er vrij snel van uit

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.12
Hoofdstuk 3/12.3
Hoofdstuk 3/12.7
Hoofdstuk 6/6.7



14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

dat de zichtbare straal maar een van de vele beveiligingen is, die zijn aangebracht. Het psychologisch effect is te vergelijken met het monteren van lege camera-behuizingen in supermarkten en benzinestations. Hoewel iedereen tegenwoordig weet dat een groot aantal camera's fake is, gaat ook hiervan een grote psychologische werking uit!

Toepassingen

Deze lichtsluis met groot bereik heeft een aantal interessante toepassingen.
De meest voor de hand liggende toepassing is uiteraard het beveiligen van grote terreinen, zoals fruitboomgaarden, tegen onbevoegd betreden. Met een viertal identieke schakelingen kan men een gebied van meerdere tienduizenden vierkante meter volledig bestrijken. De open-collector uitgangen van de ontvangers kunnen parallel worden geschakeld op één alarmrelais.
Een tweede toepassing is het maken van een draadloze alarmverbinding tussen twee ongeveer tegenover elkaar liggende huizen in een straat. Met dit systeem zou men bijvoorbeeld een babykamer alarm kunnen samenstellen. Het volstaat dan de zender stuurbaar te maken (iets dat iedere handige elektronica knutselaar wel voor elkaar kan krijgen) en in te schakelen op het moment dat een baby gaat huilen. Een derde toepassing is het inschakelen op afstand van verlichting. Men zou deze lichtsluis bijvoorbeeld kunnen gebruiken voor het draadloos inschakelen van de verlichting in een veraf gelegen tuinhuisje. De zender wordt dan in het keukenraam opgesteld en wordt door middel van een schakelaar in- en uitgeschakeld. De ontvanger is bevestigd op de muur van het tuinhuisje en schakelt via een relais de verlichting in.

Een knutselaar die nogal wat van elektronica afweet en niet bang is om te experimenteren zou het systeem kunnen ombouwen tot een draadloze communicatieverbinding tussen twee huizen. Men heeft dan uiteraard twee systemen nodig en de elektronica van de zenders moet dan zo worden gewijzigd dat de laserstraal in frequentie wordt gemoduleerd met het spraaksignaal van bijvoorbeeld een telefoonhoorn. De elektronica van de ontvangers moet dan dit signaal breedbandig oppikken en de gemoduleerde lichtstraal weer demoduleren tot een spraaksignaal. Op deze manier kan men heel wat telefoonkosten besparen!

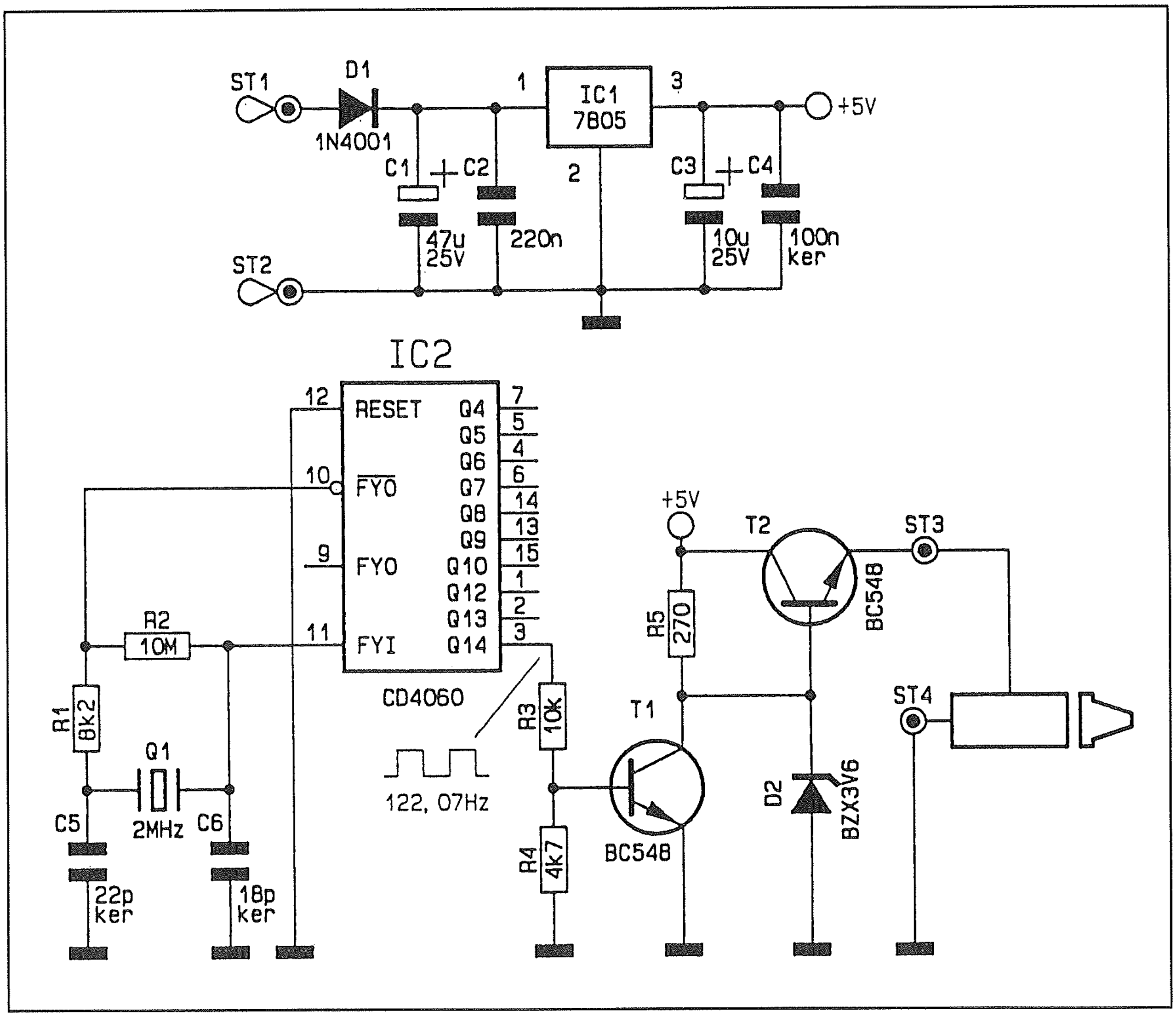
De basis van de schakeling

Basis van de schakeling is een speciale laserdiode, die samen met een aangepaste optiek als module wordt geleverd. De speciale collimator-optiek zorgt voort een zeer gebundelde lichtstraal, met een zeer geringe openingshoek.
Op deze manier is de straal op een afstand van meer dan 100 m van de zender nog steeds zo smal dat een onderbreken van de straal met een eenvoudige foto-diode gedetecteerd kan worden. De module verbruikt ongeveer 50 mA stroom bij een voedingsspanning van ongeveer 3 V. De module werd ontwikkeld door het Duitse elektronica-bedrijf ELV en wordt in de Benelux in de handel gebracht door Binell BV in Nijverdal. Deze lasermodule is het enige speciale onderdeel dat in deze lichtsluis wordt gebruikt.

Het schema van de zender

Het schema van de zender is zo eenvoudig dat geen blokschematische bespreking noodzakelijk is.
Het volledig praktisch schema is getekend in figuur 4/14.15-1.

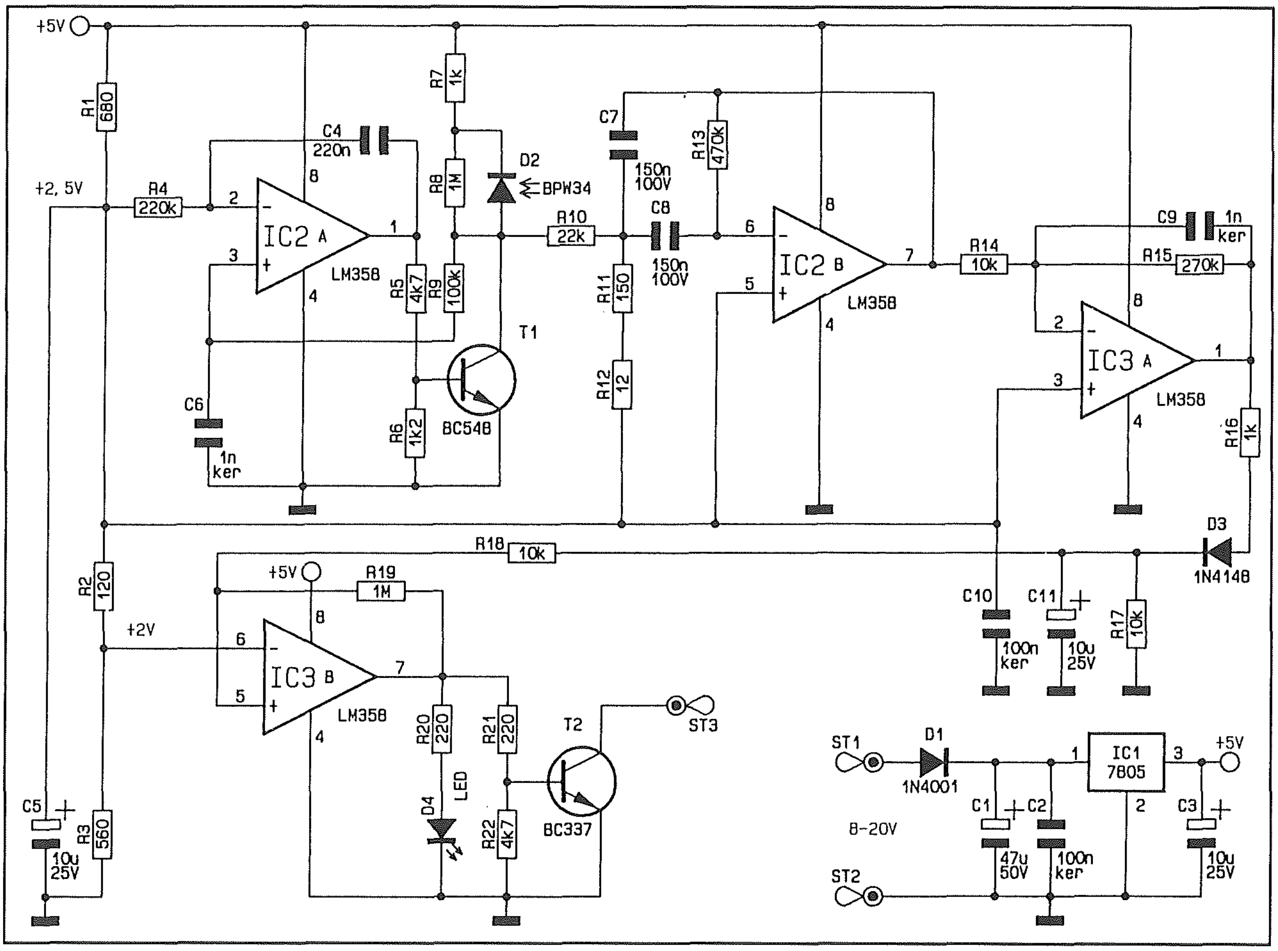
14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter



Figuur 4/14.15-1: Het volledig schema van de zender van de lichtsluis.

De schakeling kan gevoed worden uit een gelijkspanning tussen +8 V en +20 V. De diode D1 beveiligt de schakeling tegen per ongeluk verkeerd om aangesloten voeding.
Nadien zorgt de stabilisator IC1 voor een spanningsreductie en stabilisatie op 5 V. De modulatiefrequentie van de zender wordt gegenereerd door IC2, een binaire deler met 14 uitgangen en ingebouwde kristaloscillator-schakeling. Het extern kristal moet, samen met enige weerstandjes en condensatoren, worden aangesloten tussen de pennen 10 en 11. Past men een kristal van 2 MHz toe, dan zal de veertiende deleruitgang Q14 een signaal met een frequentie van 122,07 Hz afleveren. De transistor T2 zorgt, samen met de zenerdiode D2, voor een gestabiliseerde spanning van +3 V, waarmee de lasermodule wordt gevoed. Deze spanning wordt echter gemoduleerd door de transistor T1. Deze wordt gestuurd uit de uitgang van de binaire deler en trekt de basis van T2 naar de massa als het delersignaal "H" is.

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter



Figuur 4/14.15-2: Het volledig schema van de ontvanger.

Op deze wel heel eenvoudige manier wordt de voedingsspanning van de laser-diode gemoduleerd en bijgevolg ook de uitgezonden lichtstraal.

Het schema van de ontvanger

Het praktisch schema van de ontvanger is getekend in figuur 4/14.15-2. Ook deze schakeling kan gevoed worden uit een spanning tussen +8 V en +20 V. Door middel van de stabilisator IC1 wordt deze spanning gestabiliseerd op +5 V. Ook nu is een beveiligingsdiode D1 aanwezig, die de schakeling beschermt tegen verkeerde polariteit van de voeding.
Hart van de schakeling is de foto-diode D2. Door middel van een lensje wordt de lichtstraal van de ontvanger op het gevoelig oppervlak van deze diode gefocusseerd. De schakeling rond IC2a zorgt voor een stabilisatie van de instelling van de foto-diode. De inverterende ingang van de operationele versterker wordt aangesloten op een referentiespanning van +2,5 V. Deze spanning wordt gegenereerd door de spanningsdeler R1, R2 en R3. Via de weerstand R9 wordt de spanning op de anode van de foto-diode teruggekoppeld naar de niet-inverterende ingang van de op-amp. De uitgang van de op-amp stuurt de basis van de regeltransistor T1. Het systeem zal er voor zorgen dat onder alle omstandigheden de spanningen op beide ingangen van de op-amp aan elkaar gelijk

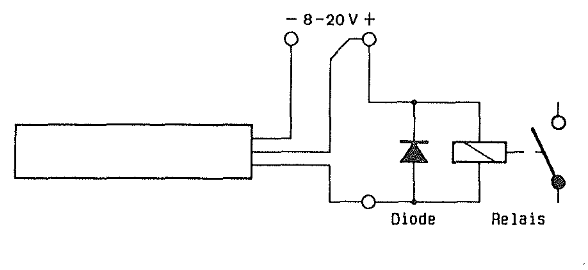
14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

blijven. Ook de spanning op de anode van de foto-diode zal dus gestabiliseerd worden op +2,5 V, een instelspanning die (niet toevallig) precies gelijk is aan de helft van de voedingsspanning. Op deze manier wordt de ontvanger gecompenseerd voor de waarde van de omgevingsbelichting. Als het daglicht fel is en de lekstroom van de diode groot, dan zal de transistor T1 door de op-amp zeer sterk in geleiding worden gestuurd, zodat de spanningsdeler tussen diode en transistor zo wordt ingesteld dat de instelspanning van +2,5 V gehandhaafd blijft. Anderzijds, in nachtelijke omstandigheden heeft de diode een kleine lekstroom en zal het systeem de inwendige weerstand van de transistor groot maken. Ook nu blijft de instelspanning op de anode van de diode op +2,5 V gehandhaafd.
Het met 122 Hz gemoduleerde licht van de zender beïnvloedt de lekstroom van de foto-diode. Het gevolg is dat de stroom door de serieschakeling R7/D2/T1 ook gemoduleerd wordt en dat de instelspanning van +2,5 V op de anode van de fotodiode op het ritme van de stroom gaat variëren. Dit signaal wordt via de weerstand R10 aangeboden aan de ingang van een afgestemde versterker rond IC2b. De middenfrequentie wordt bepaald door de waarde van de condensatoren C7 en C8 en wordt uiteraard vastgelegd op 122 Hz. De bandbreedte van het filter is extreem smal, namelijk slechts 5 Hz. Hierdoor wordt een zeer grote storingsongevoeligheid bereikt. Alleen signalen met een frequentie van 122 +/-5 Hz worden immers flink versterkt, alle andere signalen komen het filter niet door. Het versterkte signaal op de uitgang van IC2b wordt nog eens versterkt in de schakeling rond IC3a. Dit is een breedbandversterker, waarvan de versterking wordt bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R14 en R15. De condensator C9 beperkt de bandbreedte aan de hoge kant, zodat geen sprake kan zijn van oscillatie.
Het twee maal versterkte zendersignaal wordt via de diode D3 gelijkgericht. Het gevolg is dat, bij ontvangst van het zendersignaal, de condensator C11 wordt opgeladen tot een gelijkspanning van ongeveer +4 V. Uiteraard is de waarde van deze spanning afhankelijk van de lichtsterkte van het ontvangen signaal en dus van de afstand tussen de zender en de ontvanger. Dit signaal wordt in de comparator IC3b vergeleken met een referentiespanning van +2 V. Deze spanning ontstaat over de reeds genoemde spanningsdeler R1 tot en met R3. Als de spanning over de condensator C11 groter wordt dan +2 V slaat de comparator om en wordt de uitgang op pen 7 positief. De comparator is door middel van de terugkoppelende weerstand R19 voorzien van een kleine hysteresisch. Deze zorgt ervoor dat de schakeling niet gaat "klapperen" als de spanning over C11 toevallig precies gelijk zou zijn aan de referentiespanning van +2 V. Ook in dit geval zal de uitgang van de comparator eenduidig naar "H" gaan.
De uitgang van de comparator stuurt via de weerstandsdeler R21/R22 de basis van de open-collector transistor T2. De collector van deze transistor kan met maximaal 500 mA belast worden, bijvoorbeeld voor het sturen van een alarm-relais. De LED D4 gaat branden als de ontvanger het signaal van de zender ontvangt. Deze LED wordt gebruikt om de ontvanger op de zender uit te richten.

De externe schakeling

De externe schakeling van de ontvanger is natuurlijk volledig afhankelijk van het gebruik dat men van de lichtsluis wil ma-

ken. In ieder geval moet de ontvanger door middel van een drie-aderig kabeltje met de externe schakeling verbonden worden. Een van de aders is verbonden met de massa, de tweede met de voedingsspanning en de derde met de collector van de transistor T2. Aan deze kabel worden geen bijzondere eisen gesteld. Is het de bedoeling dat de ontvanger een relais schakelt, dan moet men volgens het schema van figuur 4/14.15-3 een beveiligingsdiode over de spoel van het relais opnemen. Deze diode beschermt de transistor T2 tegen de grote spanning die over de relaisspoel ontstaat als de stroom erdoor wordt onderbroken.



Figuur 4/14.15-3: De externe schakeling van de ontvanger.

Onderdelenlijst zender

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R5	=	270	Ω
R4	=	4,7	kΩ
R3	=	10	kΩ
R1	=	33	kΩ
R2	=	10	MΩ

Condensatoren:

C6	=	18	pF	ceramisch
C5	=	22	pF	ceramisch
C4	=	100	nF	ceramisch
C2	=	220	nF	MKH
C3	=	10	μF	25 V elco
C1	=	47	μF	50 V elco

Halfgeleiders:

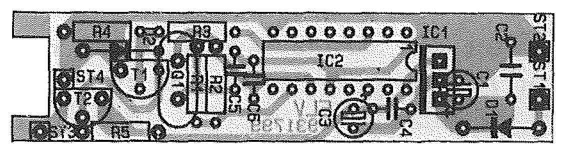
D1	=	1N4001
D2	=	3,6 V zener
T1,T2	=	BC548
IC1	=	7805
IC2	=	CD4060

Diversen:

1 x kristal 2 MHz
1 x lasermodule ELV
1 x afdichtring voor module
diverse montage onderdelen

De bouw van de zender

Het is de bedoeling de zender onder te brengen in een kunststof buisje met een diameter van slechts 20 mm. De print is, met haar afmetingen van 17 x 73 mm^2, volledig op deze inbouw voorbereid. Het ontwerpje van de print is getekend in figuur 4/14.15-4, de componentenopstelling in figuur 4/14.15-5.

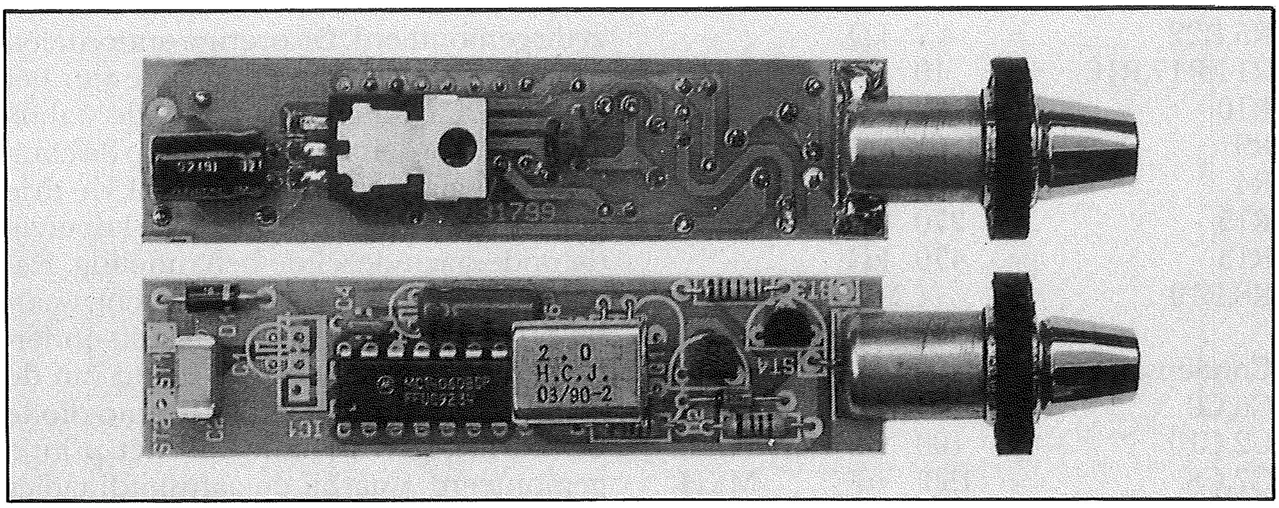


Figuur 4/14.15-5: De componentenopstelling van de zenderprint.

Maakt men het printje zélf, dan moet men een inkeping in de onderzijde van het printje vijlen. Hierin wordt later de lasermodule gemonteerd.

De onderdelen moeten aan weerszijden van het printje gemonteerd worden. Hoe dat in zijn werk gaat volgt niet zozeer uit de componentenopstelling, maar uit de foto's van figuur 4/14.15-6.

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter



Figuur 4/14.15-6: Uit deze twee opnames blijkt hoe de onderdelen van de zender aan weerszijden van het printje moeten worden aangebracht.

Alle onderdelen, op de spanningsregelaar en de condensatoren C1, C5 en C6 na, worden op de componentenzijde van het printje gemonteerd. Wel moeten het kristal en de condensator C3 liggend gemonteerd worden, waarbij het kristal gedeeltelijk boven IC2 valt. Nadien kunnen de reeds genoemde onderdelen op de koperzijde worden gemonteerd, waarbij de elco C1 en de stabilisator IC1 op het oppervlak van de print komen te liggen. Let op de juiste stand van de stabilisator! De metalen onderkant moet naar boven wijzen.

Nadat alle "gewone" onderdelen zijn aangebracht is het de beurt aan de lasermodule. Deze is ondergebracht op een klein printje en wordt volledig afgeregeld geleverd. Dat betekent dat ook de lensjes precies zijn afgeregeld zodat de uitgezonden lichtstraal zo min mogelijk divergeert. Men moet de module dan ook met de nodige voorzichtigheid behandelen! Op het printje bevindt zich een klein spiraalveertje, dat door de ontwerpers aangebracht is voor het aansluiten van de kathode. Dat veertje wordt losgesoldeerd en vervangen door een gewoon draadje met een lengte van 10 mm. Dit draadje wordt voorlopig naar de messing rand van de module omgebogen. Vervolgens wordt de module in de inkeping van het printje vastgeklemd en wel zo dat deze precies in het midden van de print zit. De messing behuizing van de module wordt nu aan weerszijden tegen het printje gesoldeerd. Nadien wordt de centrale draad door het gaatje "ST4" geduwd en vast gesoldeerd. In de gaatjes "ST1" en "ST2" worden voorlopig twee 1 m lange voedingsdraadjes gesoldeerd. De min van de voeding wordt uiteraard verbonden met "ST2", de plus met "ST1". Tot zover de voorlopige montage van de zender.

Onderdelenlijst ontvanger

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R12	=	12 Ω
R2	=	120 Ω
R11	=	150 Ω
R20,R21	=	220 Ω
R3	=	560 Ω
R1	=	680 Ω
R7,R16	=	1 kΩ
R6	=	1,2 kΩ

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

R5,R22	=	4,7 kΩ
R14,R17,R18	=	10 kΩ
R10	=	22 kΩ
R9	=	100 kΩ
R4	=	220 kΩ
R15	=	270 kΩ
R13	=	470 kΩ
R8,R19	=	1 MΩ

Condensatoren:

C6,C9	=	1 nF	ceramisch
C2,C10	=	100 nF	ceramisch
C7,C8	=	150 nF	MKH
C4	=	220 nF	MKH
C3,C5,C11	=	10 µF	25 V elco
C1	=	47 µF	50 V elco

Halfgeleiders:

D1	=	1N4001
D2	=	BPW34 met lens
D3	=	1N4148
D4	=	LED 3 mm rood
T1	=	BC548
T2	=	BC337
IC1	=	7805
IC2,IC3	=	LM358

Diversen:
1 x afdichtring voor foto-diode
diverse montage-onderdelen

De bouw van de ontvanger
Ook de ontvanger wordt gemonteerd in een buisje met een diameter van 20 mm. Vandaar dat het printje, voorgesteld in figuur 4/14.15-7, slechts 17 mm breed is en 92 mm lang. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.15-8. Ook nu moeten de onderdelen echter aan weerszijden van het printje worden gesoldeerd, zodat men als hulp veel meer heeft aan de twee foto's van figuur 4/14.15-9. De onderdelen R2, R5, R9, R11, R13, R14, R16, C1, C5 en C11 worden aan de koperzijde gemonteerd. De overige onderdelen passen op de componentenzijde van het printje. De condensator C3 en de stabilisator IC1 worden weer liggend op de componentenzijde gemonteerd. Ook de drie genoemde condensatoren op de koperzijde ondergaan dezelfde behandeling. Nadien wordt de LED D4 aangebracht, waarbij er op gelet moet worden dat dit onderdeel ongeveer 6 mm van de rand van de print wordt gemonteerd. De foto-diode D2 wordt tegen de rand van het printje gemonteerd, waarbij de aansluitdraadjes via de koperzijde door de corresponderende gaatjes worden geduwd. De kathode van dit onderdeel wordt gekenmerkt door een zwart vlekje op het lichaam van de diode. Alvorens men dit onderdeel monteert moet echter het bijgeleverde rubber afsluitringetje over de rand van het diode-lichaam worden bevestigd. Dit zorgt later voor een vochtdichte afsluiting van de ontvanger in de 20 mm dikke behuizing. Tot slot worden ook nu twee 1 m lange draadjes aan de klemmen "ST1" en "ST2" gesoldeerd voor het toevoeren van de voedingsspanning.

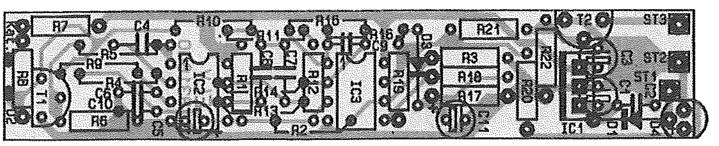
Het testen en de eindmontage
Alvorens de twee delen van de lichtsluis worden afgewerkt, moet men uiteraard eerst de werking controleren. De zender en ontvanger worden verbonden met de voedingsspanning en op een afstand van ongeveer 1 m op een vlakke tafel opgesteld. Men verdraait nu de zender tot de lichtstraal precies op de lens van de fotodiode van de ontvanger valt. De LED D4 op de ontvangerprint moet nu oplichten. Van zodra de lichtstraal onderbroken wordt moet de LED doven. Dit is het bewijs dat de twee schakelingen het doen, zodat men onbekommerd de eindmontage ter hand kan nemen.

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

Het is de bedoeling dat beide printen in kunststof buisjes met een diameter van 20 mm worden ingegoten. Voor de zender heeft men een stukje pijp nodig met een lengte van 13 cm, voor de ontvanger een dito stukje met een lengte van 17 cm. Om de ontvanger minder gevoelig te maken voor het omgevingslicht is het noodzakelijk de binnenkant van het pijpje van de ontvanger enige cm zwart te verven. Uiteraard wordt nadien de foto-diode aan deze zijde gemonteerd! Omdat beide printen worden ingegoten is het op dit moment noodzakelijk dat de provisorische voedingsdraadjes worden vervangen door de definitieve kabels. Voor de zender heeft men een twee-aderige kabel nodig, voor de ontvanger een drie-aderige. Uiteraard is het op dit moment noodzakelijk dat men precies weet hoe lang deze kabels in de definitieve opstelling van de lichtsluis worden. Nadat de drie aders van de kabel aan de print van de ontvanger zijn gesoldeerd kan men het printje in de pijp schuiven. Hierbij moet men er op letten dat de rubber ring, die over de flens van de foto-diode was gemonteerd, niet door de wrijving met de binnenkant van het pijpje verschuift. De print wordt nu zover doorgeschoven tot het lichaam van de LED precies gelijk valt met het uiteinde van het pijpje. De print van de zender wordt op dezelfde manier in het pijpje geschoven. De module van de laser moet echter eerst voorzien worden van de meegeleverde rubber afdichtring. De print wordt zover doorgeschoven, tot de lens van de module nog net binnen het pijpje valt. Tot slot controleert men nog eens de afdichting van de twee rubber ringen. De pijpjes worden horizontaal gezet en volgegoten met gietmassa. Daarvoor kan men vloeibaar rubber gebruiken, maar ook de bekende twee-componenten siliconenkit die door diverse fabrikanten op de markt wordt gebracht. De pijp van de ontvanger wordt zo ver volgegoten, totdat alleen het lichaam van de LED buiten de gietmassa uitsteekt. De zenderpijp kan volledig worden volgegoten.

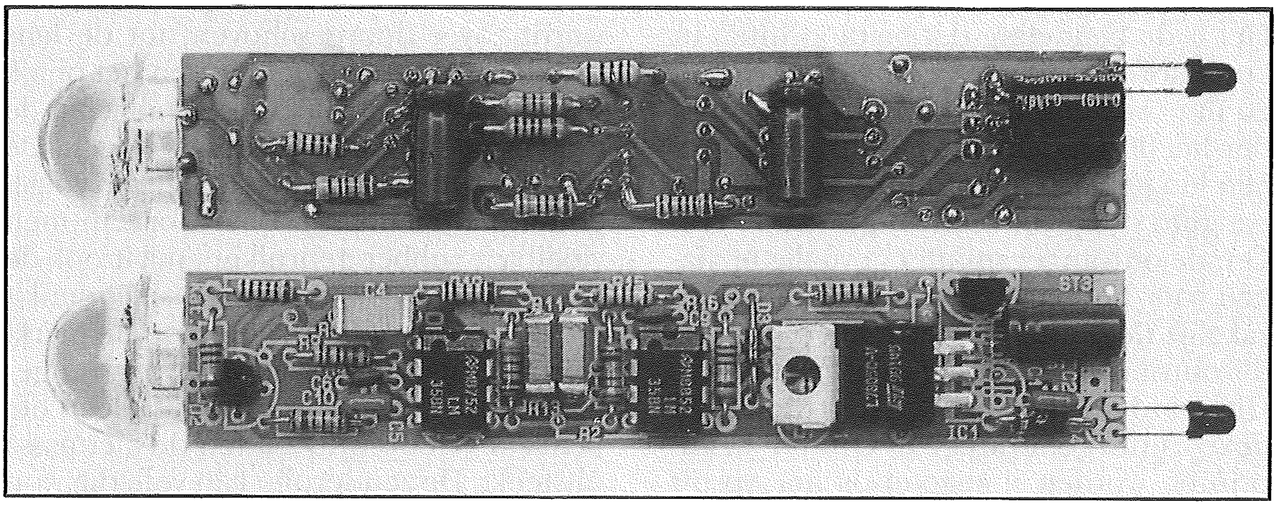
De lichtsluis in de praktijk

Over de definitieve montage van zender en ontvanger van deze lichtsluis kan natuurlijk niet veel geschreven worden. Een en ander is volledig afhankelijk van de toepassing die men voor ogen heeft. In het algemeen kan wél gesteld worden dat de goede werking van het systeem bevorderd wordt als men de ontvanger zo opstelt dat nooit direct zonlicht op de lens van de ontvanger kan instralen. De foto van figuur 4/14.15-10 geeft een indruk van een goede bevestiging van de pijpjes. Het pijpje wordt met behulp van twee beugels vastgeschroefd op een L-vormig metalen plaatje. In beide zijden van dit plaatje zijn twee cirkelvormige gleuven gefreesd, waarin de bevestigingsschroeven van respectievelijk de beugels en de muurbevestiging passen.



Figuur 4/14.15-8: De componentenopstelling van de ontvanger.

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter

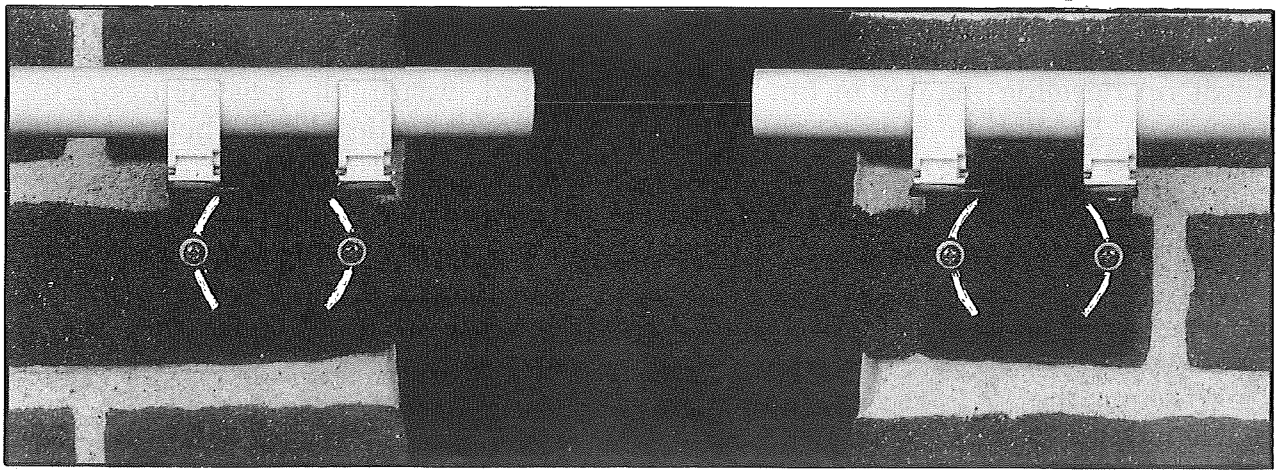


Figuur 4/14.15-9: De volledig gemonteerde twee zijden van de ontvangerprint.

Op deze manier is het mogelijk zowel de vertikale als horizontale positie van het pijpje tot op een tiende van een millimeter uit te richten op het andere pijpje. Het zal duidelijk zijn dat men eerst de zender monteert en nadien de ontvanger op de zender uitricht. Dank zij de ingebouwde LED kan men, zonder meetapparatuur, controleren wanneer de lichtstraal invalt op de lens van de ontvanger. De LED gaat dan immers branden.

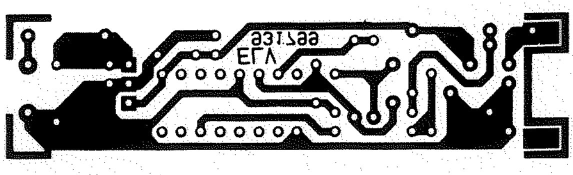
Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze laser lichtsluis in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de twee printen, de speciale lasermodule, de behuizingen, het montagemateriaal en zelfs de gietmassa, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83,
7440 AB Nijverdal,
telefoon 05486-17475,
fax 05486-12678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 12611. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

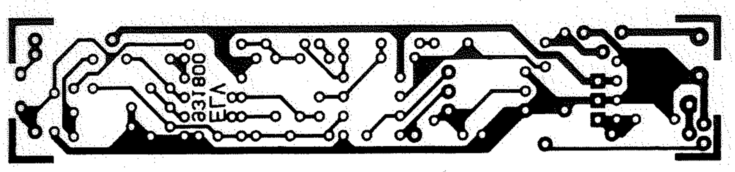


Figuur 4/14.15-10: Een zeer bruikbare montage van de pijpjes van de lichtsluis.

14.15 Laser lichtsluis met bereik van 100 meter



Figuur 4/14.15-4: De print van de zender.



Figuur 4/14.15-7: De print van de ontvanger.

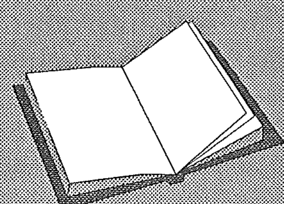
4/14.16

Ladingscontrole voor Nicad cellen

Inleiding
Door Nicad cellen gevoede draagbare apparatuur wordt steeds populairder. Nicad's hebben immers een grote energievoorraad, zodat het met dergelijke cellen zelfs mogelijk is tamelijk veel vermogen vragende apparatuur gedurende uren te voeden. Nicad's hebben echter ook hun nadelen. Een van de grootste nadelen is dat deze cellen nogal wat eisen stellen aan de manier waarop zij wensen te worden opgeladen. Nicad's kunnen gemakkelijk overladen worden, hetgeen zich niet uit door overkoken of andere zichtbare verschijnselen, maar door een slopende maar onmiskenbare degradatie van de cellen. In principe bestaat er slechts één goede manier om Nicad's op te laden. Eerst volledig ontladen en dan weer volledig opladen. Alleen op deze manier is men er zeker van dat de capaciteit van de cellen niet langzaam maar zeker afneemt. Nu zullen maar weinig gebruikers van deze cellen hun Nicad's op een dergelijke manier behandelen. Vaak worden de cellen in de lader gestopt op het moment dat men de apparatuur waarin de cellen zitten weer wil gaan gebruiken. Of de cellen nu wel of niet geladen zijn is op dat moment volledig onduidelijk. Het gevolg is dat Nicad's in de meeste gevallen worden overladen. In feite zou ieder Nicad-pack moeten voorzien worden van een schaaltje, waarop men precies kan aflezen hoe het met de capaciteit van de accu gesteld is. Men kan dan beslissen de Nicad's alleen te laden als duidelijk af te lezen valt dat deze volledig ontladen zijn.

Ladingscontrole
Dank zij een speciaal IC, ontwikkeld door Philips, kan men dergelijke voorziening gemakkelijk in ieder accu-pack inbouwen. De SAA 1500 is een zogenoemde "intelligente Nicad manager". Het IC is continu verbonden met een Nicad batterij en meet alle laad- en ontlaadstromen die van of naar de cellen vloeien. Op deze manier is het IC in staat heel exact te bepalen in welke mate een Nicad batterij op een bepaald moment geladen is. De ladingstoestand wordt aangeduid op een aantal LED'jes en wel in procenten van de maximale lading.
Daarvoor staan zes LED's ter beschikking, met als indicatie 100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 % en minder dan 10 %. Als de schake-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.23
Hoofdstuk 3/8.6
Hoofdstuk 4/13.2
Hoofdstuk 4/14.2



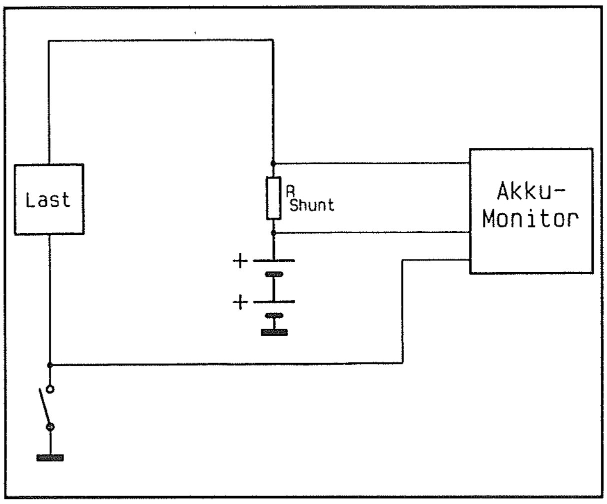
14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen

ling vaststelt dat de accu tot meer dan 10 % van de maximale capaciteit ontladen is, geeft de schakeling een kort acoustisch alarm af. Dat alarm bestaat uit acht korte toontjes, die gedurende vier seconde worden geproduceerd.
Een zevende LED gaat branden als de schakeling merkt dat de Nicad's worden geladen. Deze LED gaat continu branden als de SAA 1500 constateert dat met een grote stroom wordt geladen (snellading) en gaat knipperen als het IC vast stelt dat de laadstroom daalt tot de onderhoudswaarde (druppelladen). Tijdens het laden gaat bovendien de LED knipperen die aangeeft tot hoeveel procent van de maximale capaciteit de cellen zijn opgeladen. Als de cellen tot hun maximale capaciteit zijn opgeladen gaan alle LED's knipperen.
Wie nu denkt dat een dergelijke schakeling, die continu met de accu verbonden is, wel heel veel bijdraagt aan de ontlading van de cellen heeft het mis. De schakeling wordt niet voor niets intelligent genoemd! In rust verbruikt het IC slechts 90 µA. De LED's worden namelijk niet continu gestuurd. Alleen als de schakeling vast stelt dat er iets met de Nicad's gebeurt (bijvoorbeeld het inschakelen van het apparaat dat door de cellen gevoed wordt of het overschrijden van een van de indicatiedrempels) zullen de LED'jes gedurende acht seconde gestuurd worden. Men kan dan rustig de ladingsconditie van de accu aflezen en al dan niet besluiten om de Nicad's te vervangen door fris opgeladen soortgenoten. Aan de hand van de indicatie kan men immers gemakkelijk berekenen hoe lang de accu nog in staat is het gevoede apparaat van vermogen te voorzien. Stel dat men een apparaat heeft dat gevoed wordt door een Nicad-pack met een capaciteit van 1,2 Ah. Stel verder dat men, bij het inschakelen van het apparaat, de mededeling krijgt dat de cellen nog voor 60 % geladen zijn. Men kan dan snel berekenen dat de accu in staat is nog ongeveer 0,72 Ah vermogen te leveren. Verbruikt het apparaat 1 A stroom, dan kan men uit het hoofd berekenen dat de accu in staat is het apparaat nog ruim 40 minuten te voeden.
Dank zij deze schakeling kan men dus heel veel overbodige halve ladingen van Nicad's vermijden, waardoor de levensduur van de cellen wordt verlengd. Het is immers bekend dat Nicad's om de een of andere reden een "geheugen" hebben. Worden deze cellen geladen alvorens zij volledig ontladen zijn, dan zal de maximale capaciteit van de cellen gaan dalen.

De SAA 1500

De SAA 1500 werkt in principe heel erg eenvoudig. Zoals getekend in figuur 4/14.16-1 wordt tussen de Nicad cellen en de last een kleine serieweerstand R_{shunt} opgenomen. Het IC wordt aangesloten over deze weerstand. Als er stroom door de accu vloeit zal er over de weerstand een spanning vallen. Uit de grootte van deze spanning kan het IC afleiden hoeveel stroom er door de cellen vloeit. Uit de polariteit van de spanning kan het IC bovendien besluiten of de accu geladen of ontladen wordt. Door middel van een derde aansluiting kan het IC bovendien afleiden dat de verbruiker met de accu verbonden wordt. Bovendien kan het IC, dank zij deze drie verbindingen, waarnemen dat de Nicad's verwijderd worden en vervangen door nieuwe opgeladen cellen. Op dat moment initialiseert de schakeling zichzelf en gaat dan naar een begincònditie, waarbij wordt verondersteld dat de Nicad's volledig geladen zijn.

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen

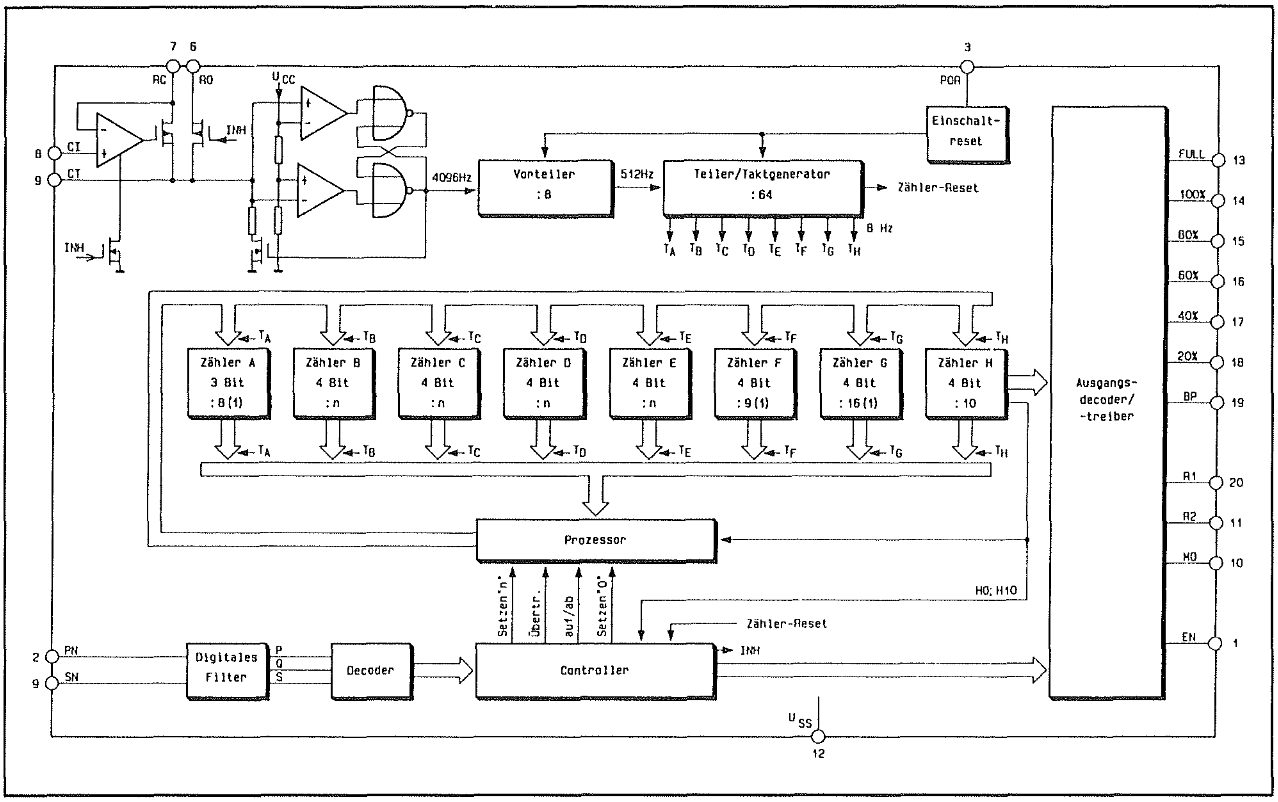


Figuur 4/14.16-1: Op deze manier wordt de SAA 1500 met de combinatie accu/belasting verbonden.

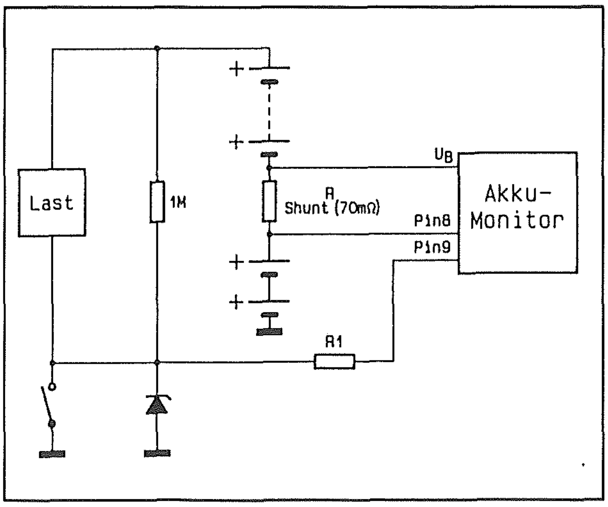
De SAA 1500 is een zeer gecompliceerde schakeling met heel veel mogelijkheden. Met dit IC kan men zelfs volledig automatisch een lader inschakelen als het IC vast stelt dat de cellen volledig ontladen zijn. In deze toepassing wordt van deze mogelijkheid echter geen gebruik gemaakt, omdat nogal wat eisen worden gesteld aan de elektronica van de lader.
Het (vereenvoudigd) intern blokschema van de SAA 1500 is getekend in figuur 4/14.16-2. De reeds beschreven sensorweerstand in serie met de accu wordt aangesloten tussen de pennen 8 en 9. Tussen de pennen 6 en 7 worden enige externe componenten aangesloten, die de frequentie van een interne oscillator definiëren. Deze frequentie is onder meer afhankelijk van de capaciteit van de toegepaste cellen (zie later). De basisfrequentie van deze oscillator wordt echter lineair beïnvloedt door de grootte van de spanning tussen de pennen 8 en 9 en dus door de grootte van de stroom die door de Nicad's vloeit. Het uitgangssignaal van de oscillator wordt digitaal bewerkt en clockt nadien een aantal op/neer tellers, die door een ingebouwde processor worden bestuurd. Het principe is duidelijk. Worden de Nicad's geladen, dan wordt de inhoud van de tellers opgehoogd. Worden de cellen ontladen, dan wordt de inhoud van de tellers verlaagd. Op deze manier zal de actuele tellerstand steeds een digitale representatie geven van de ladingstoestand van de cellen. Deze inhoud wordt gedecodeerd en stuurt de zeven LED's.
Natuurlijk doet de schakeling nog veel meer. Via de pennen 2 en 9 kan men in totaal negen bedrijfstoestanden instellen. Wie nu denkt dat er slechts vier condities via twee ingangen in te stellen zijn ("L-L", "L-H", "H-L" en "H-H") heeft het mis! Deze ingangen worden niet alleen met logische signalen "L" en "H" gestuurd, maar ook met frequenties. Een digitaal filter bepaalt de waarde van de aangesloten frequentie en stuurt via een decoder de controller, die weer aan de processor doorgeeft welke bedrijfsconditie moet worden ingeschakeld. De meeste bedrijfscondities hebben echter te maken met de automatische besturing van een Nicadlader en blijven bij deze toepassing buiten beschouwing. Belangrijk is tot slot de ingang "POR" op pen 3. Deze ingang stelt vast dat de voedingsspanning van de schakeling wegvalt, waaruit wordt besloten dat een nieuwe set Nicad cellen wordt geïnstalleerd.
Bij het opnieuw met de voedingsspanning verbinden (pen 4) zal de POR er voor zorgen dat de SAA 1500 volledig gereset wordt, hetgeen overeen komt met een volledig geladen accu.

Belangrijke opmerkingen
Philips heeft de SAA 1500 ontworpen voor een voedingsspanning van 2 V tot 4 V, in principe dus voor accu-pack's van 2 tot 3 cellen.

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen



Figuur 4/14.16-2: Het vereenvoudigd intern blokschema van de SAA 1500.



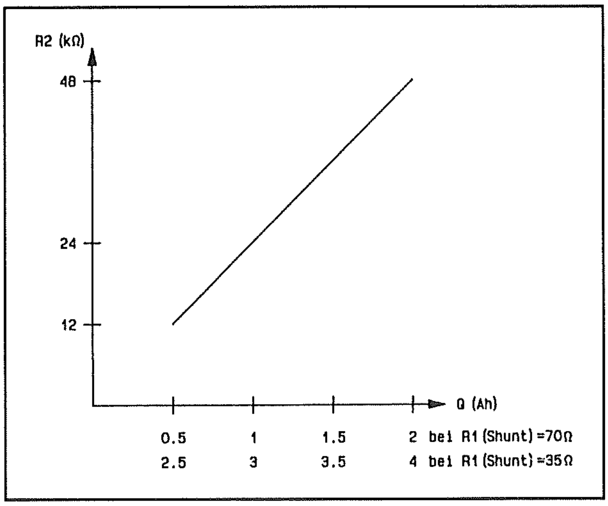
Figuur 4/14.16-3: Het toepassen van de SAA 1500 in systemen die een hogere voedingsspanning dan 4 V hebben.

Betekent dit nu dat men de schakeling niet kan gebruiken voor hogere spanningen? Allerminst! Het is namelijk, volgens het schema van figuur 4/14.16-3, mogelijk de schakeling te combineren met hogere accuspanningen. Wel moet men dan de serieschakeling van de Nicad-cellen kunnen onderbreken en tussen de tweede en derde cel de sensorweerstand R_{shunt} aanbrengen. Bovendien moet de pen die het inschakelen van de belasting detecteert via een zenerdiode van 4,7 V beveiligd worden tegen de te hoge voedingsspanning.
Een tweede belangrijke opmerking. De SAA 1500 wordt alleen in SMD-uitvoering in de handel gebracht. Dat betekent dat er nogal wat eisen worden gesteld aan het ontwerp van een printje en aan het solderen van de IC-aansluitingen.

Het instellen van de accucapaciteit
Uit de aard der zaak moet de SAA 1500 informatie krijgen over de capaciteit van de toegepaste Nicad cellen. Dat gebeurt

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen

door de weerstand tussen de voeding en pen 7 van het IC. De grafiek van figuur 4/14.16-4 geeft het verband tussen de capaciteit van de cellen (in Ah) en de waarde van de weerstand. De horizontale as heeft twee bereiken. Het bovenste bereik geldt voor capaciteiten tussen 0,5 Ah en 2 Ah. De serieweerstand R_{shunt} moet dan gelijk zijn aan 70 mΩ. De onderste schaal geldt voor capaciteiten tussen 2,5 Ah en 4,0 Ah. De serieweerstand moet dan verlaagd worden tot 35 mΩ. Uit deze grafiek volgt dat de waarde van de weerstand naar pen 7 ergens ligt tussen 12 kΩ en 48 kΩ.



Figuur 4/14.16-4: Op deze manier wordt aan de SAA 1500 medegedeeld wat de capaciteit van de toegepaste Nicad cellen is.

De praktische schakeling

De praktische schakeling van deze ladingscontroleur is getekend in figuur 4/14.16-5. In feite valt er weinig nader te verklaren. De bestaande schakeling van Nicad's, schakelaar en verbruiker wordt aangevuld met de shunt-weerstand en aangesloten tussen de aansluitpennen ST1, ST3, ST4 en ST2. De aansluitingen EN en PN zijn uitgevoerd naar de aansluitpennen ST5 en ST6. Via deze aansluitingen kan men de schakeling eventueel laten samenwerken met een speciale Nicadlader. De piëzo-ceramische zoemer, die aangeeft dat de capaciteit van de accu tot minder dan 10 % van de maximale waarde is gedaald, wordt aangesloten tussen de pennen ST7 en ST8.

Onderdelenlijst

Weerstanden, SMD:

R5	=	100 Ω
R1	=	4,7 kΩ
R3	=	270 kΩ
R6	=	1,2 MΩ
R4	=	1,5 MΩ
R2	=	zie tekst

Condensatoren, SMD:

C1,C3	=	1,2 nF
C2	=	100 nF

Halfgeleiders, SMD:

D1	=	ZPD4V7
D2	=	LED, rood
D3	=	LED, geel
D4,D5,D6,7,D8	=	LED, groen
T1	=	BC858
IC1	=	SAA1500T

Diversen:

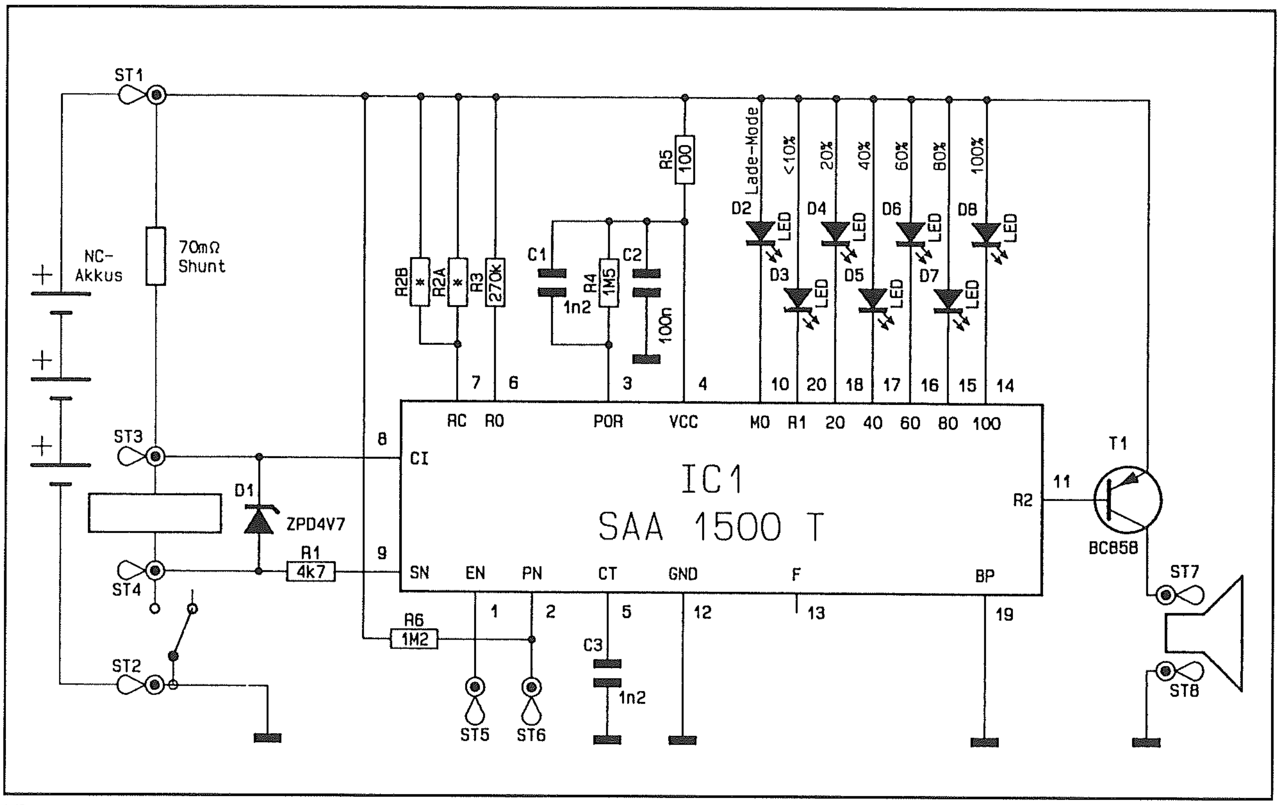
1 x piëzo-ceramische zoemer

4 cm weerstandsdraad, 0,195 Ω/m

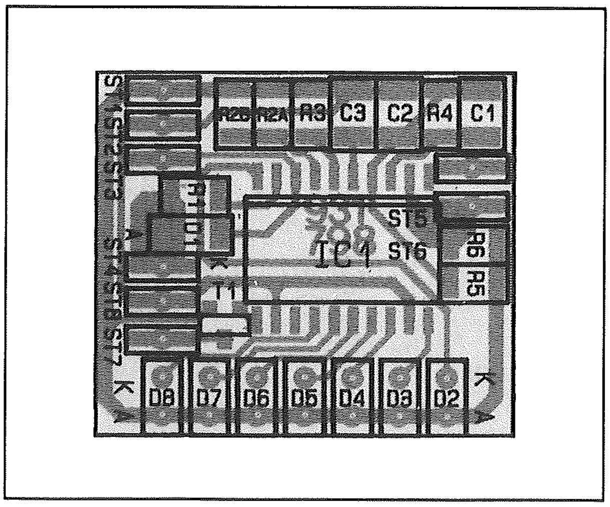
De bouw van de schakeling

Zoals reeds beschreven wordt de SAA 1500 in SMD-technologie geleverd. Het ligt dus voor de hand de volledige schakeling in deze technologie te ontwerpen. Het gevolg is dat de volledige elektronica past op een printje met als afmetingen 3,0 bij 2,5 cm!

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen



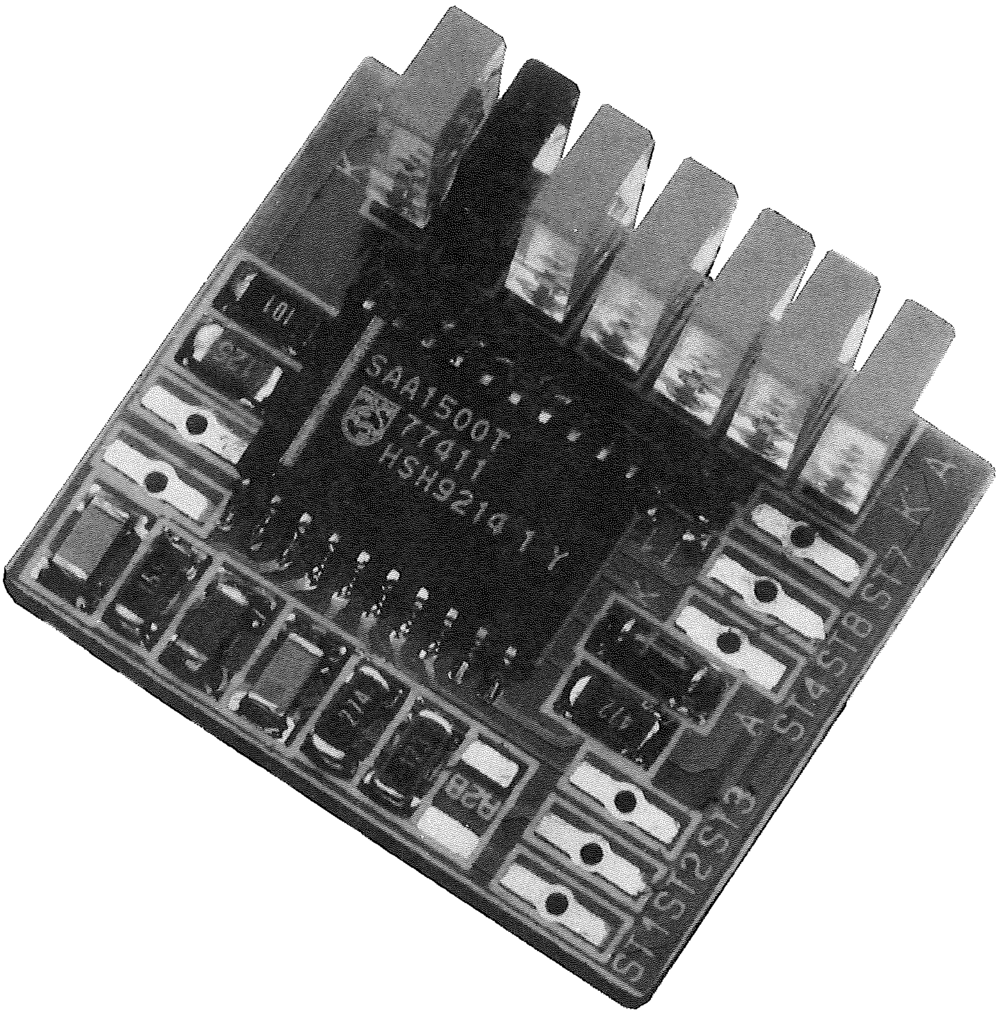
Figuur 4/14.16-5: De praktische schakeling van de ladingscontroleur.



Figuur 4/14.16-7: De componentenopstelling, twee maal vergroot.

Een dergelijk klein ontwerpje is natuurlijk altijd wel ergens in een accugevoed apparaat onder te brengen. Het printontwerpje is getekend in figuur 4/14.16-6 op de transparante printpagina. De componentenopstelling is, op schaal 2/1, getekend in figuur 4/14.16-7. Alle onderdelen moeten op de koperzijde van het printje worden aangebracht. Met een zo klein mogelijk soldeerboutje vertint men eerst alle aansluitpunten van de print. Nadien wordt component na component met een pincet in de juiste stand op de print gefixeerd en worden de vertinde aansluitvakjes van de componenten versmolten met het tin op de print. Het is aan te raden eerst het IC aan te brengen. Men heeft dan immers op de lege print maximale bewegingsvrijheid met de soldeerbout om de twintig aansluitpennetjes vast te solderen. Nadien kunnen de weerstandjes, de condensatoren en de halfgeleiders aangebracht worden. Voor de zeven LED's kan men de speciale SMD-uitvoeringen gebruiken, maar men kan ook standaard 3 mm platte LED's toepassen.

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen



Figuur 4/14.16-8: Het volledig gemonteerde printje.

Deze moeten dan wel verhoogd gemonteerd worden, zodat men de aansluitpennetjes op de koperen vlakjes van de print kan vast solderen. Het is echter ook mogelijk de LED's op de andere kant van de print de monteren. Een en ander is uiteraard afhankelijk van de voorgenomen inbouw van het printje in een accu-pack. De weerstand R_{shunt} zit niet op de print en moet gewikkeld worden van weerstandsdraad met een soortelijke weerstand van 0,195 Ω/m. Aan de hand van deze gegevens en deze uit de grafiek van figuur 4/14.16-4 kan men de juiste wikkellengte berekenen. De weerstand moet ergens in het accu-pack ingebouwd worden. Ook de piëzo-ceramische zoemer wordt extern aangebracht.

Figuur 4/14.16-8 geeft een indruk van het kompleet gemonteerde printje.

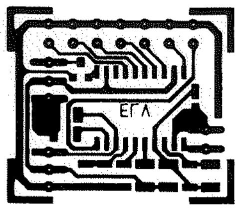
Testen van de schakeling

De goede werking van de schakeling kan worden getest door de ingang "PN" (ST7) met de massa te verbinden. Alle LED's gaan dan een na een oplichten met

een volledige cyclusduur van ongeveer 1,25 seconde.

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze accuconditie indicator in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief het printje en alle SMD-onderdelen, wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB Nijverdal,
telefoon 05486-17475,
fax 05486-12678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 14.777. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.16 Ladingscontrole voor Nicad cellen



Figuur 4/14.16-6: De print van de schakeling.

4/14.17

Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

Inleiding

Digitaal meten

Men komt ze nog wel eens tegen in een of ander museum, die oude draaispoel instrumenten met hun weekijzeren kern en hun ragdunne naald. Maar voor het échte werk worden tegenwoordig alleen maar digitale paneelmeters ingezet. Iedere voeding van stand, iedere meter, iedere generator, zelfs iedere ordinaire kamerthermometer heeft wel minstens één kleine digitale paneelmeter verborgen in de behuizing. Een kleine nabouwschakeling, die precies hetzelfde doet als de veel duurdere fabrieksexemplaren, zal dus voor iedere rechtgeaarde elektronica doe-het-zelver een welkome aanwinst zijn!
In dit hoofdstuk wordt zo'n digitale paneelmeter beschreven. De schakeling heeft een meetbereik van +/-199,9 mV gelijkspanning en kan zonder meer omgebouwd worden voor bereiken tot maximaal +/-1.999 V. Door wat extra weerstanden tussen de ingangen te hangen kan men niet alleen ieder gewenst spanningsbereik, maar ook ieder gewenst stroombereik instellen. Door bovendien gebruik te maken van de universele meetgelijkrichter die ook wordt beschreven, kan men de paneelmeter omvormen tot een wisselstroom- en wisselspanningsmeter die echte effectieve waarden meet!

Specificaties van de schakeling

Het kleine schakelingetje heeft de onderstaande indrukwekkende specificaties:

- meetbereik:
  +/-199,9 mV
- nauwkeurigheid:
  hangt af van de afregeling en van de stabiliteit van de voedingsspanning
- ingangsimpedantie:
  groter dan 100 MΩ
- ingangsstructuur:
  vlottend ten opzichte van de massa of geaard, afhankelijk van draadbruggen op de print
- nulpunt:
  wordt automatisch voor iedere meting ingesteld
- voeding:
  +5 V tot +8 V, noodzakelijke negatieve voeding wordt in de schakeling gegenereerd
- temperatuursdrift:
  +/-80 ppm gemiddeld
- referentiespanning:
  wordt intern opgewekt uit de voedingsspanning, die dus heel erg stabiel moet zijn
- aantal metingen:
  drie per seconde
- uitlezing:
  vier LED-display's

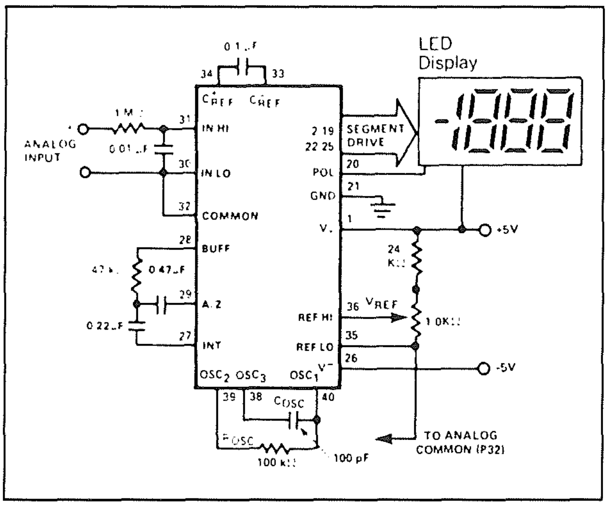
Al met al heel behoorlijke eigenschappen, die goed genoeg zijn voor het dagelijkse gebruik in het hobby-lab, de kamer-

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC$_{eff}$

thermostaat, het digitale weerstation en noem maar op!

De digitale paneelmeter

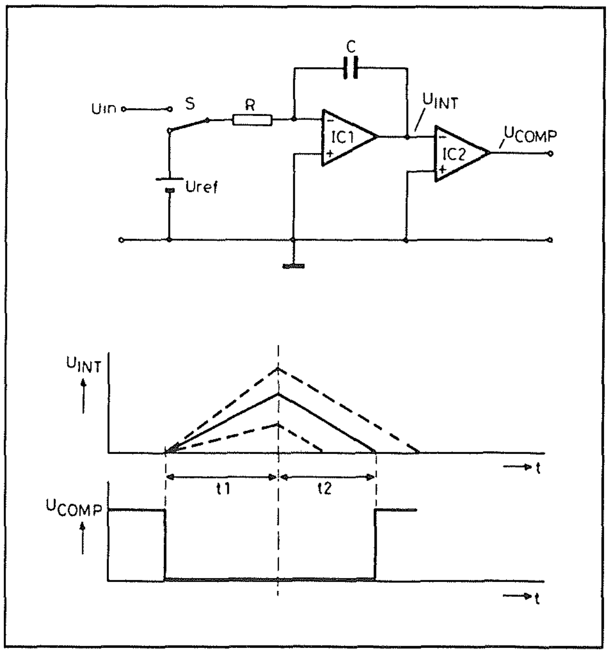
De analoog naar digitaal omzetter
Het hart van de schakeling is de ICL7107. Dit IC bevat alle onderdelen die noodzakelijk zijn om een gelijkspanning om te zetten in een numerieke waarde op een display.
De principiële schakeling rond dit IC is getekend in figuur 4/14.17-1.



Figuur 4/14.17-1: Het basisschema rond de analoog naar digitaal omzetter van het type ICL7107.

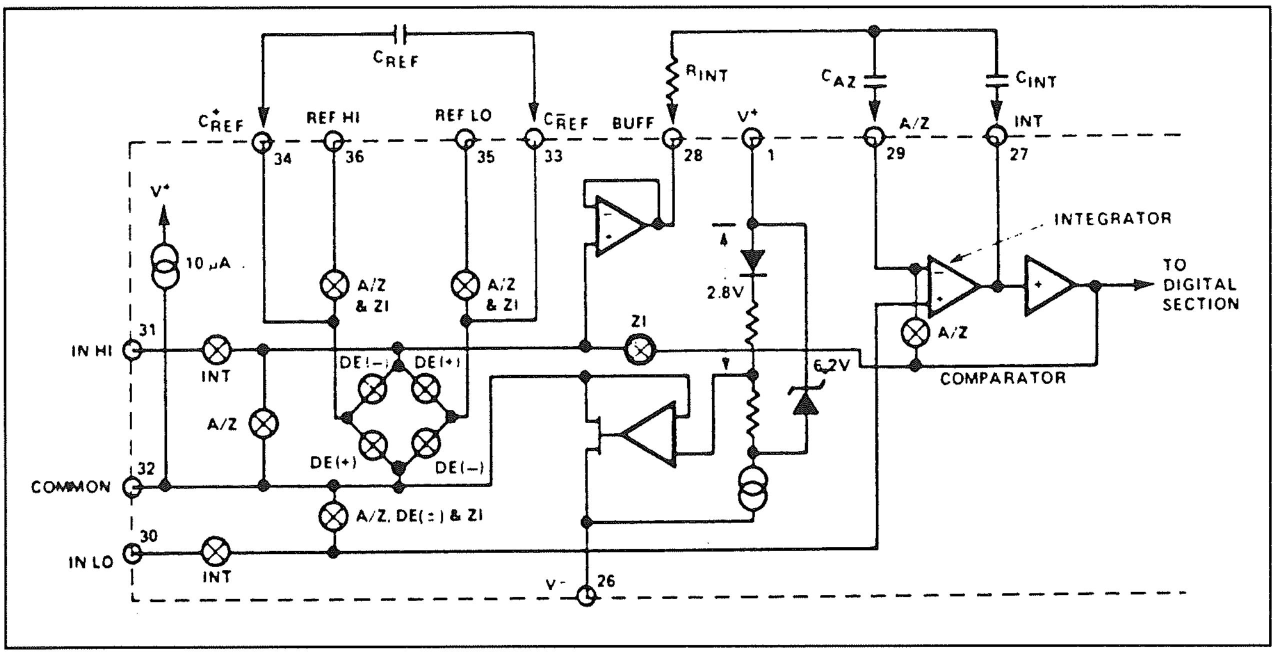
De te meten ingangsspanning moet een gelijkspanning zijn en wordt aangeboden tussen de pennen 30 en 31. Daarbij wordt de polariteit gemeten van pen 31 ten opzichte van pen 30. Pen 31 is dus de "hete" ingang die met de te meten spanning verbonden wordt. Pen 30, de "koude" ingang, zal in de meeste gevallen rechtstreeks verbonden worden met de massa van de schakeling waarin gemeten wordt.

Deze massa-aansluiting kan overigens net zo goed vast ingebouwd worden rond het IC. Maar voor een universele schakeling wordt dit afgeraden. Als men twee paneelmeters in een en dezelfde schakeling gebruikt voor het meten van spanning en stroom kan het met de massa verbinden van pen 30 bij beide ICL7107 IC's grote problemen geven!
De te meten spanning wordt vergeleken met een referentiespanning. Ook deze is vlottend uitgevoerd en moet aangesloten worden tussen de pennen 35 en 36. Daarbij moet pen 36 positief zijn ten opzichte van pen 35. De "REF LO" op pen 35 wordt in de meeste gevallen verbonden met de "COMMON" op pen 32.
De schakeling heeft uiteraard een interne oscillator, waarvan de frequentie bepaald wordt door het RC-netwerkje tussen de pennen 38, 39 en 40.
De schakeling werkt met dubbele integratie. Het principe van deze "dual slope ADC" is getekend in figuur 4/14.17-2.



Figuur 4/14.17-2: Het werkingsprincipe van de ICL7107.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC$_{eff}$

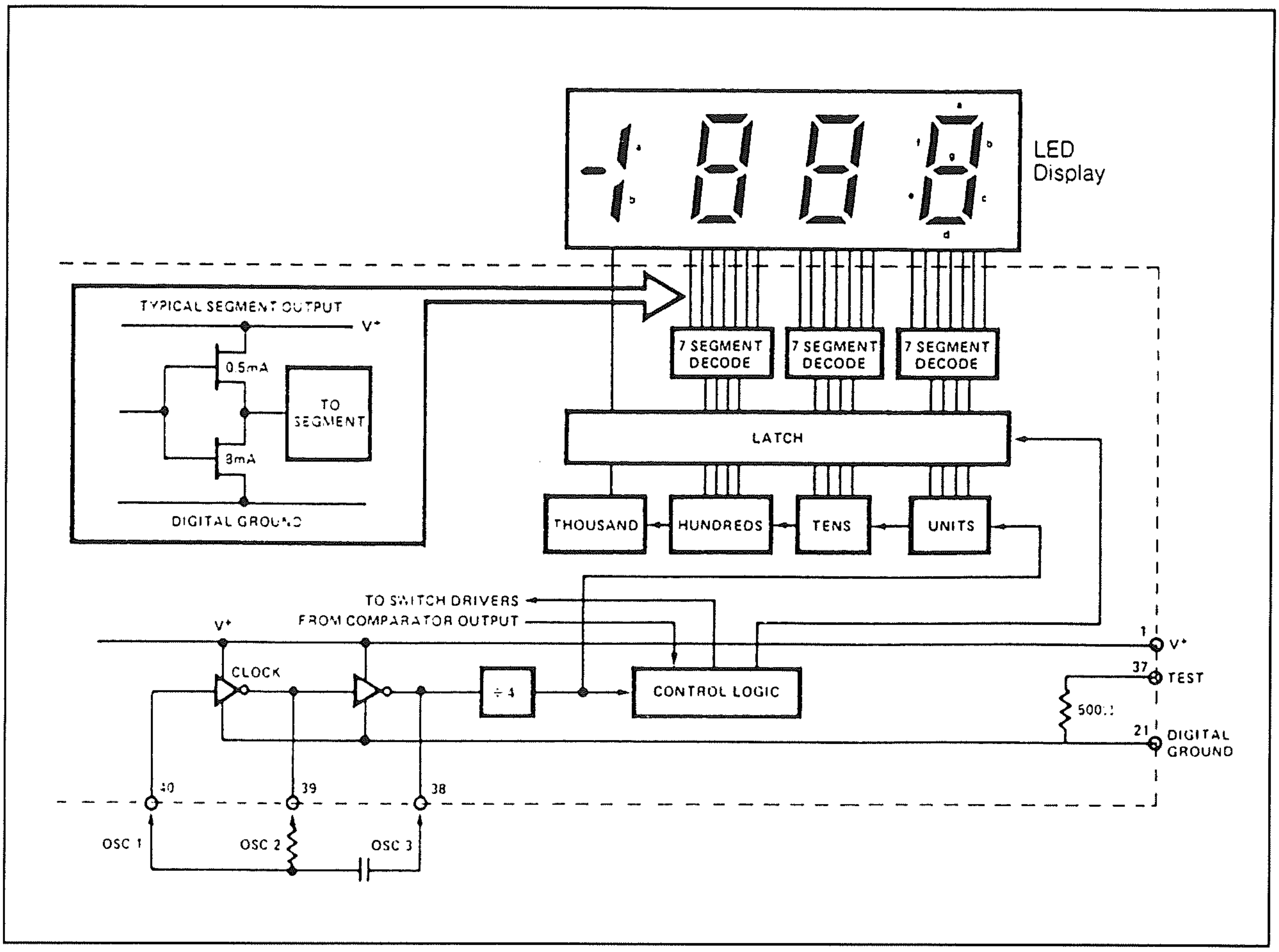


Figuur 4/14.17-3: Het blokschema van het analoge deel van de ICL7107.

Eerst wordt een integratie-condensator C gedurende een constante tijd t1 opgeladen door de referentiespanning Uref, nadien wordt gemeten hoe lang het duurt voordat de ingangsspanning de condensator weer tot 0 V ontladen heeft. Deze tijd t2 is recht evenredig met de grootte van de ingangsspanning.
Het integratienetwerk moet worden aangesloten tussen de pennen 27, 28 en 29. Tussen de pennen 33 en 34 hoort de zogenoemde referentie-condensator, die een rol speelt bij het automatisch instellen van het nulpunt. De schakeling moet gevoed worden met een positieve en een negatieve voedingsspanning.

Het blokschema van het analoge deel van de ICL7107 is getekend in figuur 4/14.17-3.
Door de dubbele integratie wordt het meten van een spanning omgezet in het meten van een tijd, iets dat heel eenvoudig kan door de pulsen te tellen van de ingebouwde oscillator en op het display het aantal getelde pulsen weer te geven. Uiteraard komt er nog wel wat meer bij kijken! Zo heeft het IC schakelingen ingebouwd die er voor zorgen dat de lekstroom van de integrator gecompenseerd wordt. Zonder die compensatie zou de meter iets anders dan nul aanwijzen als er 0 V tussen de ingangspennen staat. Die lekstroom zou er ook voor zorgen dat bij metingen van kleine spanningen een tamelijk grote fout ontstaat. Om dit te compenseren wordt de lekspanning die door de lekstroom ontstaat opgeslagen in de referentiecondensator en nadien van de te meten spanning afgetrokken.
Dank zij deze uitstekend doordachte schakelingen in het analoge gedeelte is de ICL7107 ondertussen een beroemd IC geworden dat door diverse fabrikanten op de markt wordt gebracht.
Het blokschema van het digitale deel van de ICL7107 is getekend in figuur 4/14.17-4. De schakeling bevat een CMOS-oscillator (links onder) die de controle-logica bestuurt.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}



Figuur 4/14.17-4: Het blokschema van het digitale deel van de ICL7107.

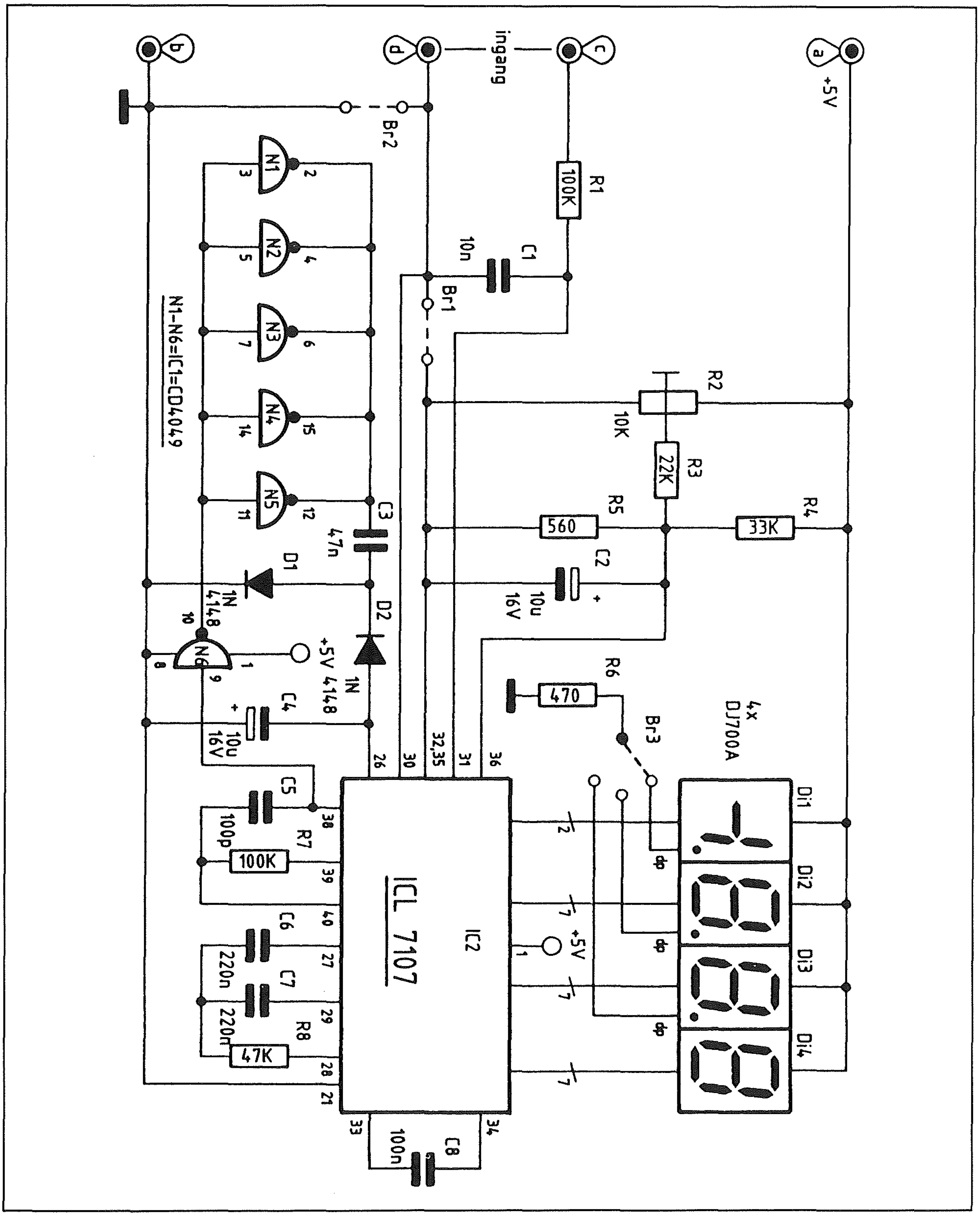
Deze schakeling wekt alle interne besturingspulsen op voor het op de juiste momenten openen en sluiten van de in totaal twaalf elektronische schakelaars die in het analoge deel aanwezig zijn.
Daarnaast stuurt de oscillator de drie decaden tellers en de overflow-teller, waarin het aantal getelde pulsen wordt opgeslagen.
De inhoud van de tellers wordt in een tussengeheugen (latch) opgeslagen en via decoders omgezet in signalen voor het aansturen van de zeven-segment display's. Deze worden niet aangestuurd volgens het meestal toegepaste multiplex-systeem, maar volgens een statisch systeem.

Alle kathoden van de segmenten zijn rechtstreeks verbonden met uitgangen van het IC. De anoden van de display's gaan naar de positieve voedingsspanning. Ieder segment wordt gestuurd vanuit een constante stroombron, zodat de segmentstroom niet door middel van een externe weerstand begrensd moet worden.

Het schema van de paneelmeter

Het schema van de paneelmeter is zo eenvoudig dat de bespreking van een blokschema niet noodzakelijk is. Meteen dus naar het volledig uitgewerkte schema, getekend in figuur 4/14.17-5.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC$_{eff}$



Figuur 4/14.17-5: Het volledige schema van de digitale paneelmeter.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

Omdat het de bedoeling is de paneelmeter te kunnen voeden uit een standaard voedingsspanning van +5 V, moet de negatieve voedingsspanning in de schakeling gegenereerd worden. Dat is de taak van de zesvoudige inverter CD4049. Het oscillatorsignaal dat in de ICL7107 wordt opgewekt (ongeveer 100 kHz) wordt afgetakt via de inverter N6. De uitgang van deze schakeling gaat naar de vijf parallel geschakelde soortgenoten. Het uitgangssignaal van deze poorten wordt via een negatieve topdetector C3, D1, D2 en C4 omgezet in een negatieve voedingsspanning van ongeveer -4,5 V. De diode D1 zorgt ervoor dat de spanning op de rechter plaat van de condensator C3 nooit positiever kan worden dan +0,6 V. Op deze manier wordt de positieve pulstrein die op de uitgangen van de invertors ontstaat gedwongen negatief te worden. Dat negatieve signaal op de rechter plaat van de condensator C3 wordt nadien door middel van de diode D2 en de condensator C4 afgevlakt tot een negatieve gelijkspanning.

Tussen de twee ingangsklemmen staat een RC-netwerkje. Dit zorgt voor het verwijderen van ruissignalen, die eventueel op de te meten gelijkspanning staan en de uitlezing van de meter onrustig zouden maken. Als de draadbruggen Br1 en Br2 niet aanwezig zijn, werkt de schakeling in de differentiële modus. De te meten ingangsspanning staat dan volledig los van de rest van de schakeling en er wordt alleen het zuivere spanningsverschil tussen de klemmen c en d gemeten.
Door de draadbrug Br1 aan te brengen wordt de "koude" meetingang d verbonden met de "COMMON" van de ICL7107. Dat punt (pen 32) is ook het nulpunt van de interne referentiespanning.

Brengt men de draadbrug Br2 aan, dan wordt de "koude" ingang van de schakeling verbonden met de massa van de schakeling waarin gemeten wordt. Zoals reeds geschreven kan dat soms problemen geven en men moet van geval tot geval bekijken of dat wel kan.

De potentiometer R2 is geschakeld tussen de voedingsspanning en de COMMON. De loper van de potentiometer gaat naar de referentie-ingang op pen 36 van de ICL7107. Door het instellen van de referentiespanning kan men de meter ijken en afregelen.

De draadbrug Br3 is verantwoordelijk voor het oplichten van de decimale punt. Deze brug kan in drie standen gemonteerd, worden, zodat de uitlezing geschikt is voor het aanduiden van:
- 1.999;
- 19.99;
- 199.9;

mV, V, mA of A. Niet voor niets is deze schakeling "universeel" gedoopt!

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:

R6	=	470	Ω
R5	=	560	Ω
R3	=	22	kΩ
R4	=	33	kΩ
R8	=	47	kΩ
R1,R7	=	100	kΩ

Instelpotentiometer, liggend 5x10:

R2	=	10	kΩ

Condensatoren:

C5	=	100	pF	ceramisch
C1	=	10	nF	MKH
C3	=	47	nF	MKH

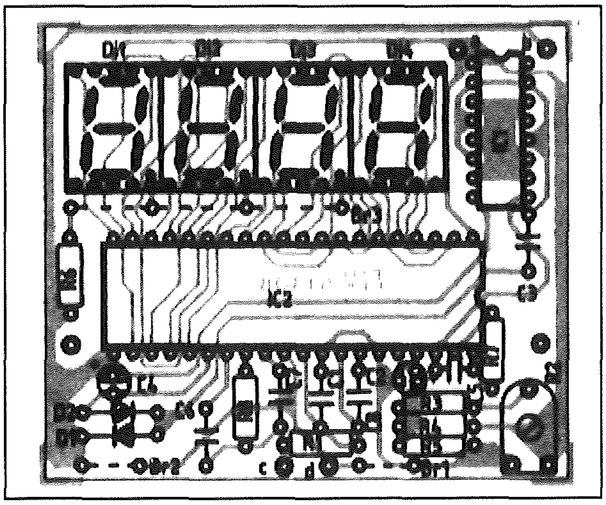
14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

C8	=	100 nF	MKH
C6,C7	=	220 nF	MKH
C2,C4	=	10 µF	16 V elco

Halfgeleiders:

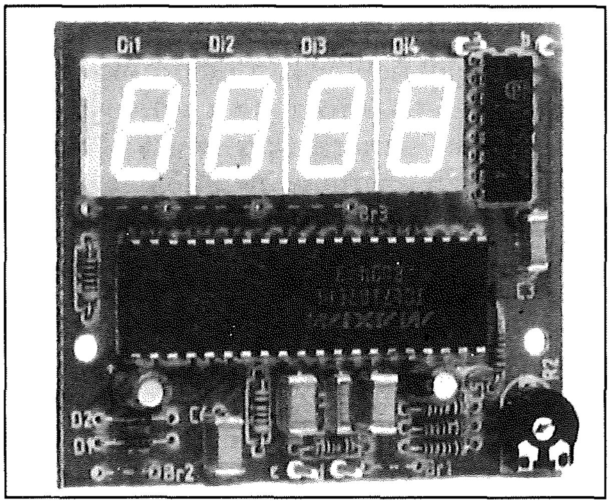
D1,D2	=	1N4148
Di1-Di4	=	DJ700A
IC1	=	CD4049
IC2	=	ICL7107

De bouw van de schakeling
De digitale paneelmeter kan ondergebracht worden op de print die in figuur 4/14.17-6 is voorgesteld op de transparante printpagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.17-7.



Figuur 4/14.17-7: De componentenopstelling van de digitale paneelmeter.

Over de montage valt in feite niets te melden. Alle componenten kunnen rechtstreeks op het printje worden aangebracht en het afgeregelde en geteste metertje kan nadien door middel van twee boutjes en afstandsbusjes in een behuizing worden gemonteerd. De foto van figuur 4/14.17-8 geeft een impressie van de volledig gemonteerde schakeling.



Figuur 4/14.17-8: De volledig gemonteerde digitale paneelmeter.

Het afregelen van de schakeling
De schakeling wordt verbonden met een voedingsspanning van +5 V en de twee ingangspennen c en d worden kortgesloten. De uitlezing moet nu naar "0000" gaan. Men legt vervolgens een stabiele gelijkspanning van ongeveer 190 mV aan tussen de genoemde ingangen. Deze spanning moet gemeten worden met een goede en nauwkeurige digitale voltmeter. Men verdraait nu de instelpotentiometer R2 tot de uitlezing op de paneelmeter hetzelfde getal aangeeft als de uitlezing van de digitale voltmeter.

Het gebruik van de paneelmeter

Inleiding
De schakeling is universeel bruikbaar en kan niet alleen worden toegepast voor het meten van gelijkspanningen, maar ook voor het meten van gelijkstromen en weerstanden. Met de in het volgende sub-

hoofdstuk beschreven echte effectieve waarde gelijkrichter kan men ook wisselspanningen en -stromen meten. In de onderstaande paragraafjes worden enige tips gegeven waarmee men de paneelmeter in diverse praktische situaties kan inzetten.

De draadbruggen Br1 en Br2

Met deze twee draadbruggen kan men de ingangsconfiguratie van de meter instellen.

Er zijn vier mogelijkheden, die in het kort worden toegelicht.

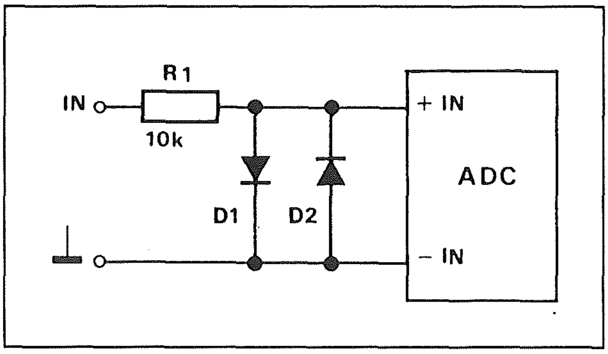
- Draadbrug Br2 aanwezig
  In dat geval wordt de "koude" ingangsklem d verbonden met de massa van de schakeling waaruit men de voeding haalt. Deze optie wordt aanbevolen als de meter gebruikt wordt voor het aangeven van een spanning die ten opzichte van de massa gemeten moet worden. Men moet deze optie kiezen als men bijvoorbeeld de meter gebruikt voor het meten van de uitgangsspanning van een regelbare voeding. De b- en d-punten van de print gaan dan naar de massa van de voeding, de c-klem (via een later te beschrijven weerstandsdeler) naar de positieve uitgangsklem van de voeding. Deze optie is zeer stabiel en heeft weinig last van nulpunt verloop.
- Draadbrug Br1 aanwezig
  Bij deze optie wordt de "koude" ingang d verbonden met het nulpunt van de referentiespanning van de ICL7107. De aansluiting d van de print staat dan op een spanning die ergens tussen de voeding en de massa ligt. Als men de paneelmeter van een eigen voeding voorziet en alleen de pennen c en d met de schakeling waarin gemeten moet worden verbindt is dit de beste oplossing. De drift op het nulpunt is nul, de meter heeft de rustigste uitlezing. De pen d kan in dat geval gerust met de massa van een ander apparaat verbonden worden, maar de pen b (de massa van de paneelmeter) mag daar dan niet mee verboden worden! Deze optie is dus echt alleen van toepassing als men een eigen voeding in de paneelmeter inbouwt, die volledig los staat van de schakeling waarin gemeten wordt.
- Geen draadbruggen aanwezig
  Bij deze optie werkt de meter in de zogenoemde differentiële modus. De pennen c en d zweven volledig ten opzichte van de massa-aansluiting. Tussen deze pennen en de massa wordt een zeer hoge weerstand gemeten. Het is nu niet noodzakelijk pen d met de massa van de schakeling waarin wordt gemeten te verbinden. Men kan met deze optie het spanningsverschil meten tussen twee willekeurige punten in een schakeling. Toch kan de meter gevoed worden uit de voeding van de schakeling waarin gemeten wordt. Deze optie heeft echter als nadeel dat als er een groot spanningsverschil ontstaat tussen de pen d en het nulpunt van de interne referentiespanning, het nulpunt van de meter niet goed wordt gecompenseerd en een nulpunt drift van enige digits (+/-0004) kan ontstaan. Deze optie is echter ideaal als men bijvoorbeeld de uitgangsstroom van een voeding wil meten. Men plaatst dat in de uitgangsleiding van de voeding een weerstand van 0,1 Ω en verbindt de klemmen c en d met beide uiteinden van deze weerstand. Iedere 100 mV uitlezing komt dan overeen met een stroom van 1 A.
- Beide draadbruggen aanwezig
  Bij deze optie liggen zowel de "koude" meetingang als het nulpunt van de referentie aan de massa van de schake-

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

ling. De +5 V voeding van de schakeling wordt nu via de instelpotentiometer R2 rechtstreeks gebruikt voor het instellen van de grootte van de referentiespanning voor de ICL7107.
Als men over een zeer stabiele voedingsspanning beschikt en men spanningen wil meten ten opzichte van de massa is dit een zeer goed alternatief. Doordat er geen spanningsverschil kan optreden tussen de pennen 30 en 32 van de ICL7107 is de nulpunt drift te verwaarlozen. Bij kortgesloten pennen c en d zal de meter stabiel "0000" aanduiden.
Maar zoals reeds geschreven (het kan niet vaak genoeg herhaald worden) is deze optie alleen te gebruiken als de stabiliteit van de beschikbare voedingsspanning zeer goed is!

Belangrijke opmerking
Na het aanbrengen van een of beide draadbruggen moet men de paneelmeter opnieuw afregelen!

Het beveiligen van de paneelmeter
In de meeste gevallen wordt een paneelmeter gebruikt voor het meten van een grootheid die geen gekke kuren kan krijgen.
Het zal dan niet kunnen voorkomen dat opeens een veel te grote spanning tussen de ingangen van de meter komt te staan. Maakt men echter de digitale paneelmeter tot basis van een digitale universeelmeter, dan kan het door bedieningsfouten voorkomen dat er opeens 100 V tussen de aansluitingen c en d van de meetprint komt te staan. Het resultaat is een defecte ICL7107.
Met behulp van een eenvoudig netwerkje, voorgesteld in figuur 4/14.17-9, kan men dit voorkomen.



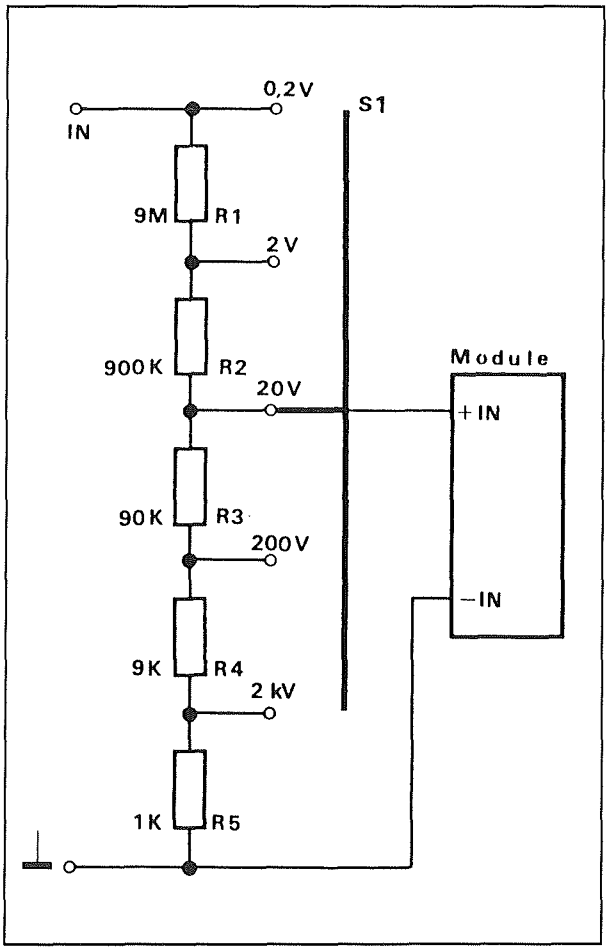
Figuur 4/14.17-9: Een beveiligingsnetwerkje aan de ingangen van de paneelmeter.

Tussen de te meten spanning en de "hete" ingang van de paneelmeter (punt c) wordt een weerstand van 10 kΩ opgenomen. Tussen de pennen c en d staat twee anti-parallel geschakelde silicium dioden. De werking zal duidelijk zijn. De dioden zorgen ervoor dat de spanning tussen de ingangen van de meetmodule nooit groter kan worden dan 0,7 V. Als aan de IN een te grote spanning wordt gelegd, zal een van de dioden gaan geleiden. De stroom die door het netwerkje vloeit bouwt over de weerstand R1 een spanningsval op. Het teveel aan spanning wordt dus opgevangen door de weerstand.

Het verhogen van het gelijkspanningsbereik
In de basisconfiguratie heeft de digitale paneelmeter een bereik van -199,9 mV tot +199,9 mV. Voor de meeste praktische toepassingen zal dit uiteraard veel te weinig zijn. Het meetbereik is echter zeer eenvoudig uit te breiden tot +/-1,999 V, +/-19,99 V, +/-199,9 V en +/-1.999 V. Het volstaat twee zeer nauwkeurige weerstanden tussen respectievelijk de te meten spanning en pen c en tussen de pennen c en d aan te brengen. Deze weerstanden

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

vormen een spanningsdeler met een deelfactor van respectievelijk 9/1, 99/1, 999/1 of 9.999/1.
Op deze manier wordt de te meten spanning 9, 99, 999 of 9.999 keer verzwakt alvorens zij aan de ingangen van de paneelmeter wordt aangeboden.

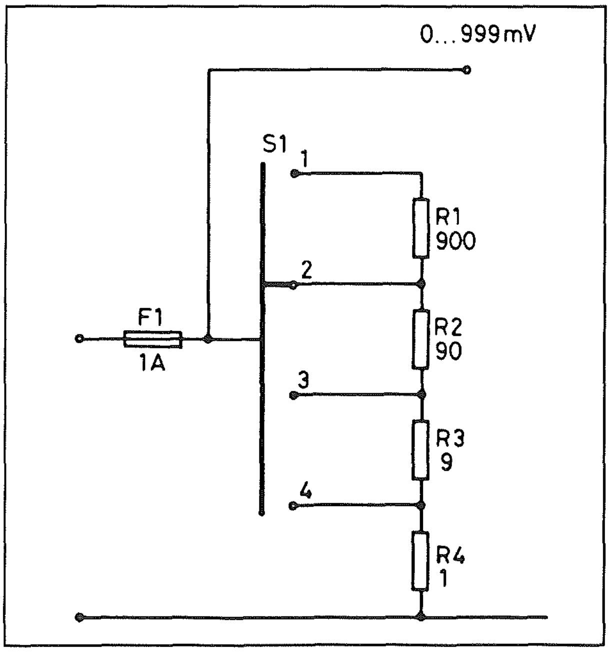


Figuur 4/14.17-10: Een voorbeeld van een spanningsdeler voor het meten van gelijkspanningen in vijf bereiken.

In figuur 4/14.17-10 is als voorbeeld een spanningsdeler met schakelaar getekend, waarmee men de paneelmeter tot een heuse digitale voltmeter kan ombouwen. Uit de figuur volgt duidelijk dat voor iedere stand van de schakelaar aan de genoemde verhoudingen voldaan wordt. In de getekende stand vormen de weerstanden R1 en R2 de ene tak van de verzwakker (9,9 MΩ) en de weerstanden R3, R4 en R5 de tweede tak van de verzwakker (100 kΩ). De deelfactor bedraagt dus 99/1. Als aan de ingang een spanning van 1 V wordt aangelegd, valt hiervan 990 mV over R1+R2 en 10 mV over R3+R4+R5.

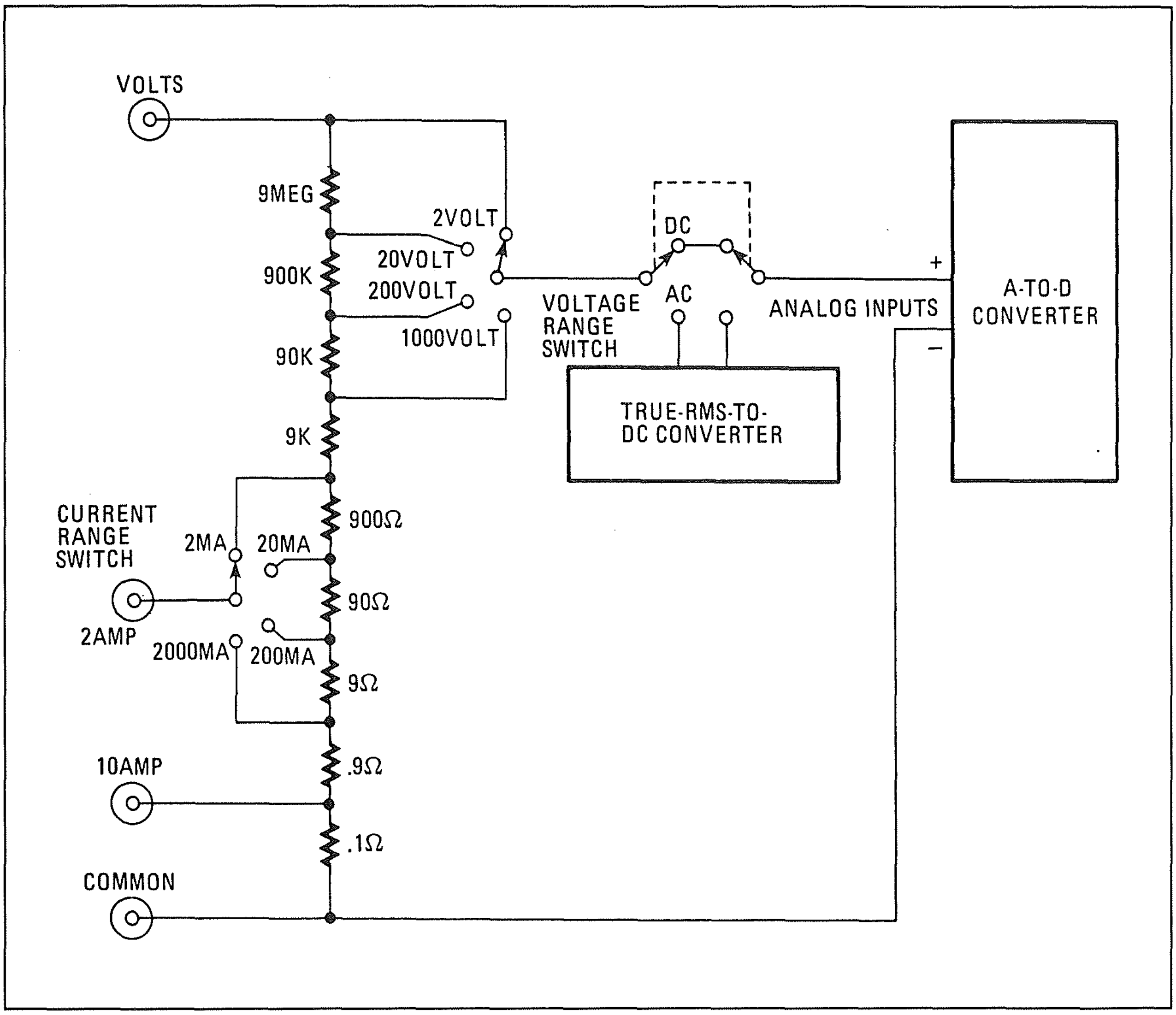
Het meten van gelijkstromen

Het meten van gelijkstromen met een digitale paneelmeter moet herleid worden tot het meten van een spanning. Dat kan dank zij de wet van Ohm, die zegt dat de stroom die door een weerstand vloeit recht evenredig is met de spanning die over de weerstand staat. Als men dus over een weerstand van 1 Ω een spanning van 1,234 V meet, dan weet men dat door de weerstand een stroom van precies 1,234 A vloeit!



Figuur 4/14.17-11: Het meten van gelijkstromen met de digitale paneelmeter.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC$_{eff}$



Figuur 4/14.17-12: Een gecombineerde weerstandsdeler voor het meten van spanningen en stromen.

Dit principe is uitgewerkt in figuur 4/14.17-11, waar de te meten stroom door middel van de schakelaar door weerstanden wordt gevoerd met waarden van respectievelijk 1 Ω, 10 Ω, 100 Ω en 1 kΩ. Dit komt overeen met stroombereiken van respectievelijk +/-1,999 A, +/-199,9 mA, +/-19,99 mA en +/-1,999 mA.
De zekering is een belangrijk element en mag nooit ofte nimmer vergeten worden. Deze zekering zorgt ervoor dat de schade beperkt blijkt als men per ongeluk zou menen dat men spanningen in plaats van stromen aan het meten is!

Het meten van spanningen en stromen
Wie de schema's van figuur 4/14.17-11 en figuur 4/14.17-10 met elkaar vergelijkt stelt vast dat in beide weerstandsdelers weerstanden worden gebruikt die zich verhouden als 9/1.
Het ligt voor de hand beide spanningsdelers met elkaar te combineren en met een schakelaar om te schakelen tussen het

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

meten van spanning en het meten van stroom.

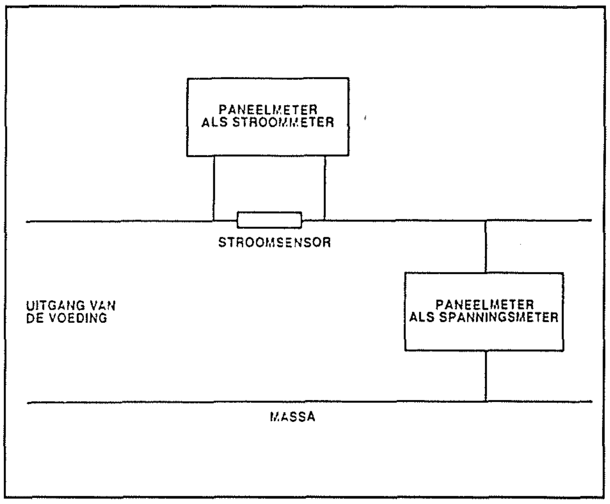
In figuur 4/14.17-12 is een dergelijke gecombineerde weerstandsdeler getekend. Het onderste gedeelte wordt gebruikt voor het meten van stromen. De weerstanden tot en met 9 kΩ vormen, opgeteld, samen een waarde van 10 kΩ en zijn dus de onderste weerstand van de deler voor het meten van spanningen. In het schema staat nog een schakelaartje "DC/AC". Met deze schakelaar kan men de in dit hoofdstuk nog te beschrijven effectieve waarde gelijkrichter in de meetschakeling opnemen, zodat men:
- gelijkspanningen;
- gelijkstromen;
- wisselspanningen;
- wisselstromen;

kan meten!

Het monitoren van een voeding
Bij de meeste voedingen treft men twee meetinstrumenten aan. Een meet de uitgangsspanning, de andere de uitgangsstroom. Met twee identieke paneelmetertjes kan men dat ook. Het schema is getekend in figuur 4/14.17-13.

Tussen de "elektronische" uitgang van de voeding en de "praktische" uitgang van de voeding wordt een kleine weerstand als stroomsensor opgenomen. Voor een voeding die maximaal 1 A kan leveren zou men bijvoorbeeld een weerstandje van 0,1 Ω kunnen gebruiken. De maximale spanningsval bedraagt 0,1 V, hetgeen met de paneelmeter goed te meten is. Een paneelmeter wordt, zonder de draadbruggen Br1 en Br2, met de klemmen c en d rechtstreeks over deze weerstand geschakeld.
Dat is de stroommeter.

De tweede paneelmeter wordt tussen de "praktische" uitgangsklemmen van de voeding geschakeld en meet de uitgangsspanning. Uiteraard zal men een 99/1 weerstandsdeler op de beschreven manier moeten aanbrengen om het meetbereik van de meter in te stellen op 19,99 V. Bij dit tweede module kan men de draadbrug Br2 aanbrengen, zodat de "koude" ingang van de meter aan de massa van de voeding komt te liggen. Beide modulen kunnen gevoed worden uit de interne voedingsspanning van de voeding, maar men zal natuurlijk wel een 8705 moeten gebruiken om de voedingsspanning tot +5 V te reduceren.

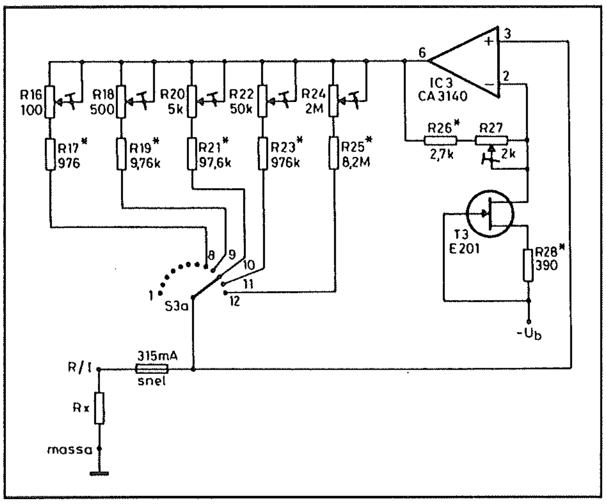


Figuur 4/14.17-13: Twee digitale paneelmetertjes "monitoren" een laboratoriumvoeding.

Het meten van weerstanden
De digitale paneelmeter kan met een vrij eenvoudige uitbreiding omgezet worden in een weerstandsmeter. Het principe van weerstanden meten met een digitale meter berust ook op de wet van Ohm. Als men een constante stroom van bijvoorbeeld 1 A door de te meten weerstand

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

stuurt, dan zal de spanning over de weerstand recht evenredig zijn met de waarde van de weerstand. Heeft de weerstand een waarde van 1,234 Ω, dan zal de stroom van 1 A een spanning van precies 1,234 V genereren, hetgeen de paneelmeter trouw mededeelt.



Figuur 4/14.17-14: Een uitbreiding, waarmee men weerstanden kan meten.

In figuur 4/14.17-14 is een praktische uitbreidingsschakeling getekend, waarmee men in staat is de paneelmeter om te vormen tot een weerstandsmeter.

De operationele versterker IC3 vormt, samen met de FET T3, een constante stroombron. De waarde van de constante stroom is door middel van de schakelaar S3a in te stellen op vijf decadische waarden, namelijk 10 mA, 1 mA, 100 µA, 10 µA en 1 µA. De weerstand Rx is de onbekende, te meten weerstand. De digitale paneelmeter wordt rechtstreeks over deze weerstand aangesloten, waarbij meetpunt d naar de massa gaat en c naar de "hete" aansluiting van de weerstand. Bij deze schakeling moet draadbrug Br2 worden aangebracht.

Met de gegevens meetstromen heeft de weerstandsmeter de onderstaande bereiken:
- 19,99 Ω;
- 199,9 Ω;
- 1,999 kΩ;
- 19,99 kΩ;
- 199,9 kΩ.

De spanningsval over de weerstand bedraagt maximaal 199,9 mV, zodat de schakeling ook in staat is dioden te testen.

De effectieve gelijkrichter

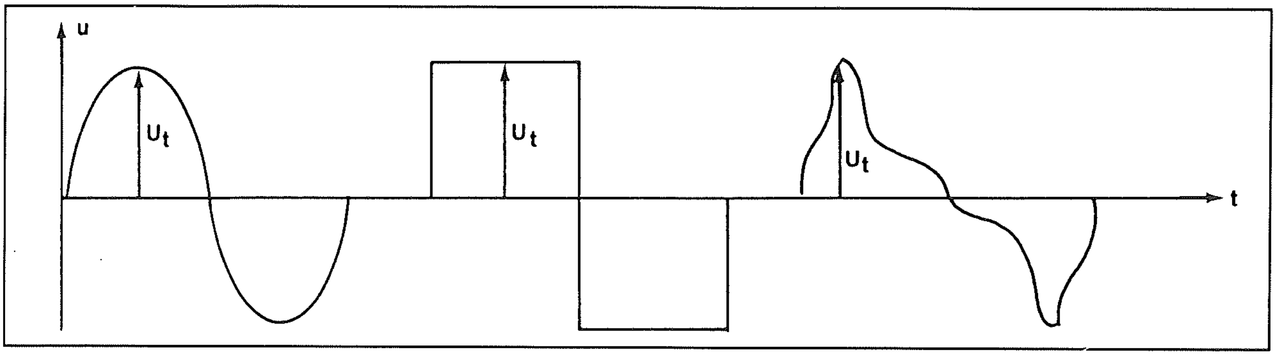
Inleiding

Het grote probleem bij het definiëren van de waarde van een wisselspanning is het feit dat deze spanning niet constant is, maar voortdurend van waarde verandert. Om een referentie te hebben heeft men het begrip "effectieve waarde van een wisselspanning" ingevoerd. Een wisselspanning heeft een effectieve waarde van 1 V als deze spanning in een weerstand van 1 Ω even veel warmte opwekt als een gelijkspanning van 1 V.

De meeste wisselspanningsmeters zijn ingesteld op het meten van de effectieve waarde van zuivere sinusoidale spanningen. Er wordt een ordinaire topdetector gebruikt, die de topwaarde van de sinusoidale spanning over een condensator zet. Nadien wordt deze gelijkspanning met een digitale meter gemeten. Het ijken op de effectieve waarde is dan gewoon een kwestie van het afregelen van de meter!

Het probleem is echter dat de verhouding tussen topwaarde van een wisselspanning en effectieve waarde volledig afhankelijk is van de vorm van de wisselspanning.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}



Figuur 4/14.17-15: Drie wisselspanningen met dezelfde topwaarde U_t maar met heel verschillende effectieve waarden!

Voor zuiver sinusoidale spanningen bedraagt deze verhouding 0,70711. Voor een rechthoekspanning of een driehoek liggen deze factoren heel anders!

In figuur 4/14.17-15 zijn drie wisselspanningen getekend met dezelfde topwaarde. Als men deze spanningen over een weerstand zou leggen zou men echter merken dat de warmte-ontwikkeling die in de weerstand ontstaat nogal verschilt. De effectieve waarde van deze spanningen is dus niet gelijk. En toch is het nu net die effectieve waarde die de belangrijkste eigenschap van een wisselspanning is!

True RMS

Vroeger moest men met deze beperking van digitale wisselspanningsmeters leven. Er zijn echter enige IC's ontwikkeld die tamelijk goedkoop zijn en heel precies de effectieve waarde van gelijk welke wisselspanning kunnen meten. In moderne digitale universeelmeters zit steeds zo'n IC, zodat de meter de echte warmte-inhoud van de spanning kan meten. Men noemt deze meters "true RMS", omdat zij de echte effectieve waarde meten.
Met behulp van de kleine schakeling die hier beschreven wordt, kan men de digitale paneelmeter omvormen tot een "true RMS"-instrument!

Technische specificaties

De technische gegevens van de effectieve waarde gelijkrichter zijn als volgt samen te vatten:

- voedingsspanningen:
  +/-5 V
- ingangsspanningsbereik:
  200 mV_{eff} maximaal
- ingangsimpedantie:
  onmeetbaar hoog
- bandbreedte:
  1 MHz bij -3 dB afval
- nauwkeurigheid:
  +/-0,3 %
- beveiliging:
  tot +/-50 V

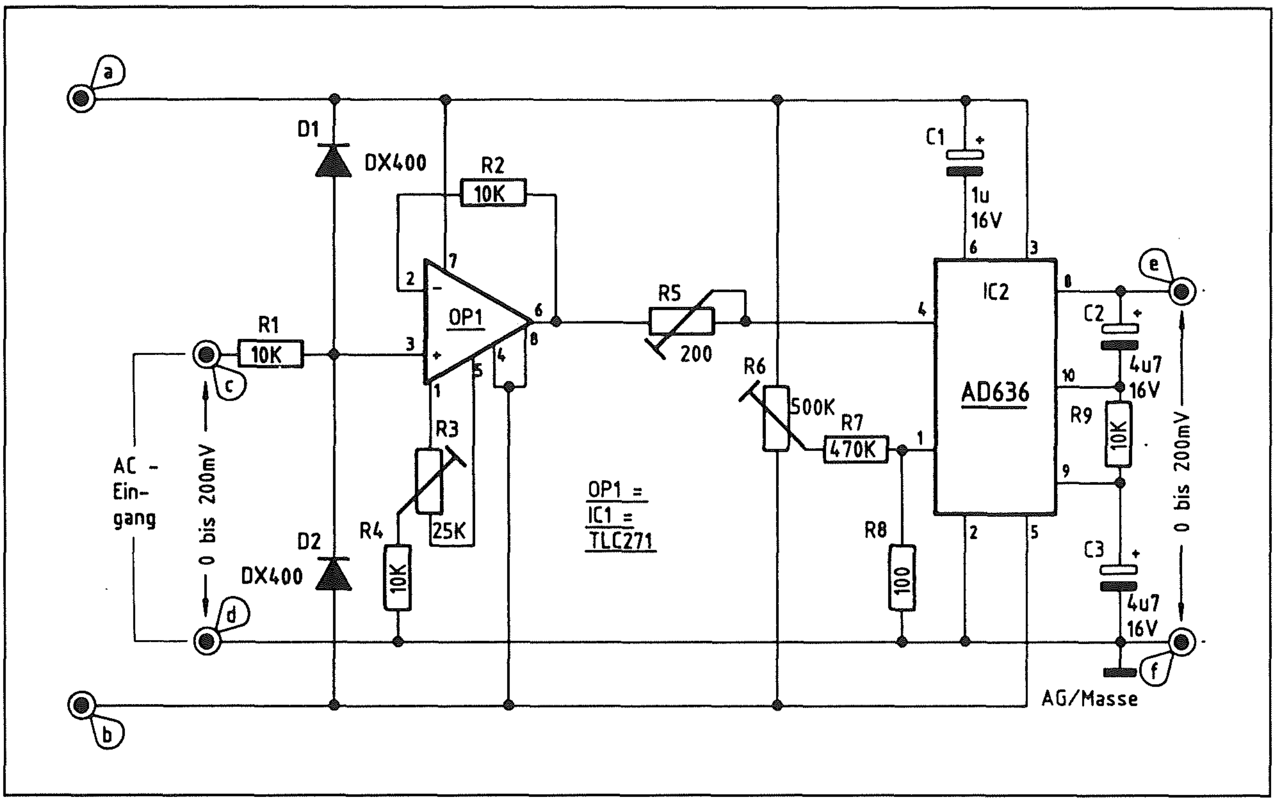
Al met al eigenschappen, die de vergelijking met een universeelmeter die honderden gulden kost best kunnen doorstaan!

Het schema van de gelijkrichter

Het volledig uitgewerkte schema van de effectieve waarde gelijkrichter is getekend in figuur 4/14.17-16.

Hart van de schakeling is de AD636 van Analog Devices.
Dat is de effectieve waarde gelijkrichter. In pen 4, de ingang, moet een wisselstroompje gestuurd worden dat evenredig is met de wisselspanning die men wil meten.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC$_{eff}$



Figuur 4/14.17-16: Het volledig uitgewerkte schema van de echte effectieve waarde gelijkrichter.

Op pen 8 staat een mooie gelijkspanning ter beschikking, die gelijk is aan de effectieve waarde van de wisselspanning aan de ingang.
Deze spanning kan dan gemeten worden met de gelijkspanningsmeter die reeds beschreven werd.
Het probleem is dus dat het IC met een stroom gestuurd moet worden. Vandaar dat voor de AD636 een operationele versterker als buffer is geschakeld. Deze zorgt ervoor dat de ingangsimpedantie van de gelijkrichter hoog is, zodat de schakeling waarin gemeten wordt nauwelijks door de meting beïnvloedt wordt.
De TLC271, de operationele versterker die in deze schakeling wordt toegepast, heeft een lage uitgangsimpedantie.
Vanuit deze impedantie is het zonder meer mogelijk via de weerstand R5 de voor de AD636 noodzakelijke ingangsstroom te leveren.
De operationele versterker wordt beschermd tegen te hoge spanningen op de ingang door de weerstand R1 en de dioden D1 en D2. Dat zijn speciale dioden, die een lage capaciteit hebben.
Het is mede dank zij deze eigenschap dat de gelijkrichter een bandbreedte heeft van 1 MHz. Zet men "normale" Si-dioden in de plaats, dan kan men deze 1 MHz wel vergeten!

De instelpotentiometer R3 is noodzakelijk voor het weg regelen van de offset van de operationele versterker. De twee overi-

ge instelpotentiometers R5 en R6 worden gebruikt voor het afregelen van de AD636.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:

R1,R2,R4,R9	=	10 kΩ
R7	=	470 kΩ
R8	=	100 Ω

Instelpotentiometers, tien toeren:

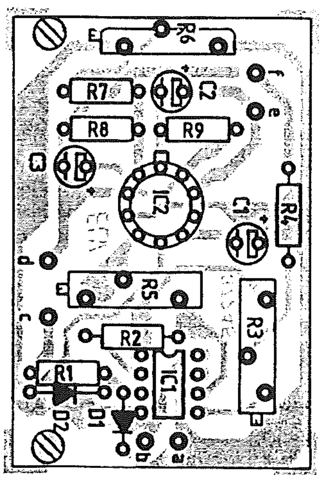
R3	=	25 kΩ
R5	=	200 Ω
R6	=	500 kΩ

Condensatoren:

C1	=	1 µF	16 V elco
C2,C3	=	4,7 µF	16 V elco

Halfgeleiders:

D1,D2	=	DX400
IC1	=	TLC271
IC2	=	AD636



Figuur 4/14.17-18: De componentenopstelling van de gelijkrichter.

De bouw van de schakeling
De effectieve gelijkrichter kan opgebouwd worden op het printje van figuur 4/14.17-17 op de transparante printpagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.17-18.

Over de bouw van de schakeling valt in feite niets meer te zeggen dan dat het absoluut noodzakelijk is voor de drie instelpotentiometers zeer goede en dus prijzige tien toeren trimmers te kopen! De normale trimmertjes zijn veel te ongevoelig en hebben een veel te hoge temperatuurscoëfficiënt.

Het afregelen van de schakeling
Voor het afregelen van de gelijkrichter heft men, helaas, een goede digitale universeelmeter nodig. Het printje wordt verbonden met een symmetrische voedingsspanning van +/-5 V. De +5 V gaat naar pen a, de -5 V naar pen b en de massa naar pen d. Nadien sluit men de ingangspennen c en d kort.
De digitale meter wordt op gelijkspanning geschakeld en verbonden tussen de massa van de print en de uitgang van de operationele versterker.
Men verdraait nu het schroefje van R3 tot de uitgangsspanning van de op-amp 0 V is. Op deze manier wordt de offsetspanning van de operationele versterker gecompenseerd.
De digitale voltmeter verhuist nu naar de uitgang van de AD636 (pen e) en men regelt R6 af op 0 V. Hiermee wordt ook de offset van de effectieve gelijkrichter uitgeschakeld.
Vervolgens verwijdert men de kortsluiting tussen de ingangsklemmen en zet een ***gelijkspanning*** van ongeveer 150 mV op de ingangen. De digitale universeelmeter

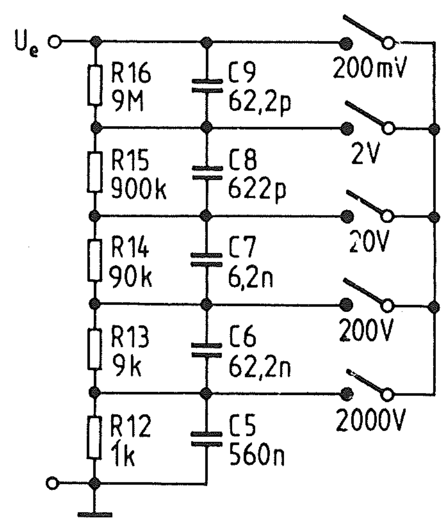
14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

wordt nu aangesloten tussen de punten c en e en de potentiometer R5 wordt afgeregeld tot de meter weer 0 V aanwijst. Er bestaat dan geen spanningsverschil tussen de ingang en de uitgang van de effectieve gelijkrichter, waaruit men kan besluiten dat de schakeling het goed doet. Het is namelijk per definitie zo dat een effectieve waarde gelijkrichter ook gelijkspanningen "gelijkricht".
De schakeling bepaalt de effectieve waarde van de gelijkspanning, die uiteraard gelijk is aan de absolute waarde van deze spanning.
Dank zij deze eigenschap kan men de schakeling dus afregelen zonder dat men met wisselspanningen moet werken!

De schakeling in de praktijk
Als men beide in dit hoofdstuk beschreven schakelingen wil gebruiken voor het meten van wisselspanningen gaat men op de volgende manier te werk.

- De voeding
  Het is noodzakelijk het metertje aan te sluiten op een symmetrische voeding van +/-5 V. Als deze spanningen niet in de meetschakeling aanwezig zijn zal men zélf een kleine voeding moeten ontwerpen.
- De onderlinge verbindingen
  Pen e van de gelijkrichter wordt verbonden met pen c van de paneelmeter. Pen f gaat naar pen d. Deze pen wordt door middel van draadbrug Br2 met de massa van de paneelmeter verbonden.
- De te meten wisselspanning
  De te meten wisselspanning wordt aangesloten tussen de pennen c en d van de gelijkrichter. Men heeft dan een systeem waarmee men de effectieve waarde kan meten van wisselspanningen tot 199,9 mV. Wil men meer meten, dan moet men weer de beroemde 9/1, 99/1 of 999/1 spanningsdeler voorschakelen.

Omschakelbare meetbereiken
Uiteraard kan men de combinatie van beide printen ombouwen tot een heuse digitale universeelmeter. Men kan dan het schema van figuur 4/14.17-12 toepassen. Er is echter één probleem. De hoge weerstanden in de weerstandsdeler hebben paracitaire capaciteiten. Deze vormen uiteraard impedanties als men wisselspanningen gaat meten. Zolang men uitsluitend laagfrequente spanningen meet zijn deze impedantie veel en veel groter dan de weerstanden en zijn ze te verwaarlozen. Meet men echter spanningen met frequenties van meer dan 100 kHz, dan gaan deze impedanties (die parallel staan aan de "echte" weerstanden) een niet meer te verwaarlozen rol spelen. De 9/1, 99/1, 999/1 en 9.999/1 verhouding van de weerstanden gaat dan verloren.



Figuur 4/14.17-19: Het capacitief compenseren van de weerstandsdeler.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

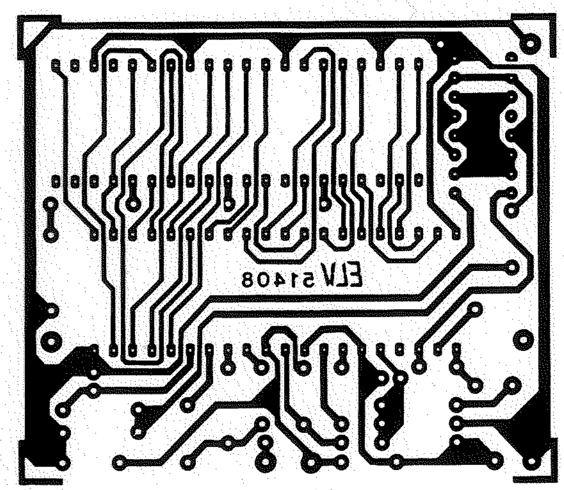
Dit probleem is op te lossen door de weerstandsdeler "capacitief te compenseren". Men schakelt dan, zie figuur 4/14.17-19, grote condensatoren parallel over de weerstanden. De impedanties van deze condensatoren zijn veel lager dan deze van de paracitaire capaciteiten van de weerstanden. Op wisselspanningsgebied spelen dus de impedanties van de condensatoren de voornaamste rol. Deze impedanties hebben een dusdanige onderlinge verhouding dat zij de deelfactor van de weerstandsdeler niet beïnvloeden.

Bouwpakket informatie

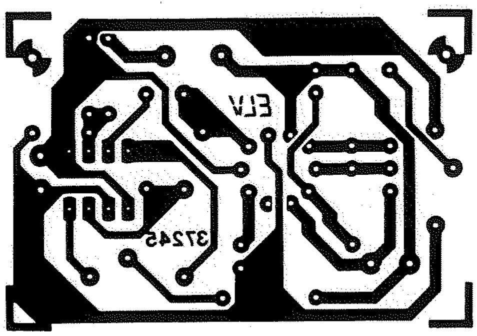
Als extra service aan de nabouwers van deze schakelingen kan nog vermeld worden dat zowel de paneelmeter als de effectieve gelijkrichter in diverse onderdelenzaken leverbaar zijn als compleet bouwpakket.

De samenstelling van deze bouwpakketen wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.17 Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}

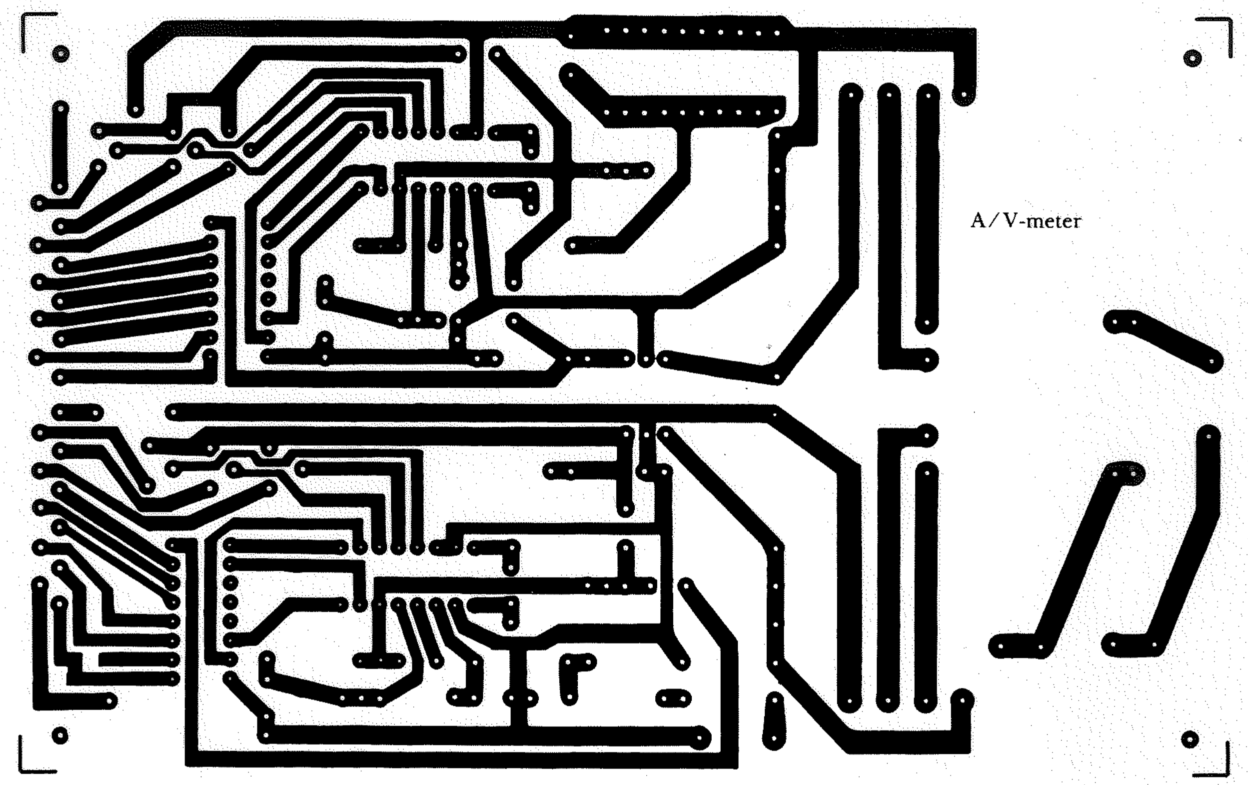


Figuur 4/14.17-6: De print van de paneelmeter.



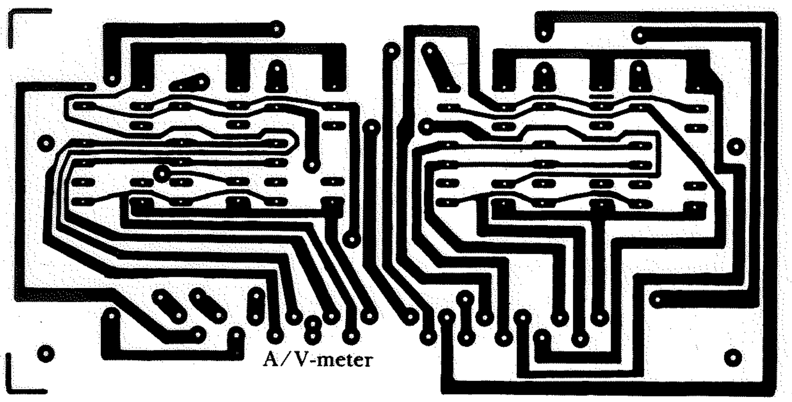
Figuur 4/14.17-17: De print van de gelijkrichter.

14.17 Spanning én stroom digitaal meten



Figuur 4/14.17-5:
Lay-out van de basis-print.

14.17 Spanning én stroom digitaal meten



Figuur 4/14.17-6:
Lay-out van de display-print.

4/14.18

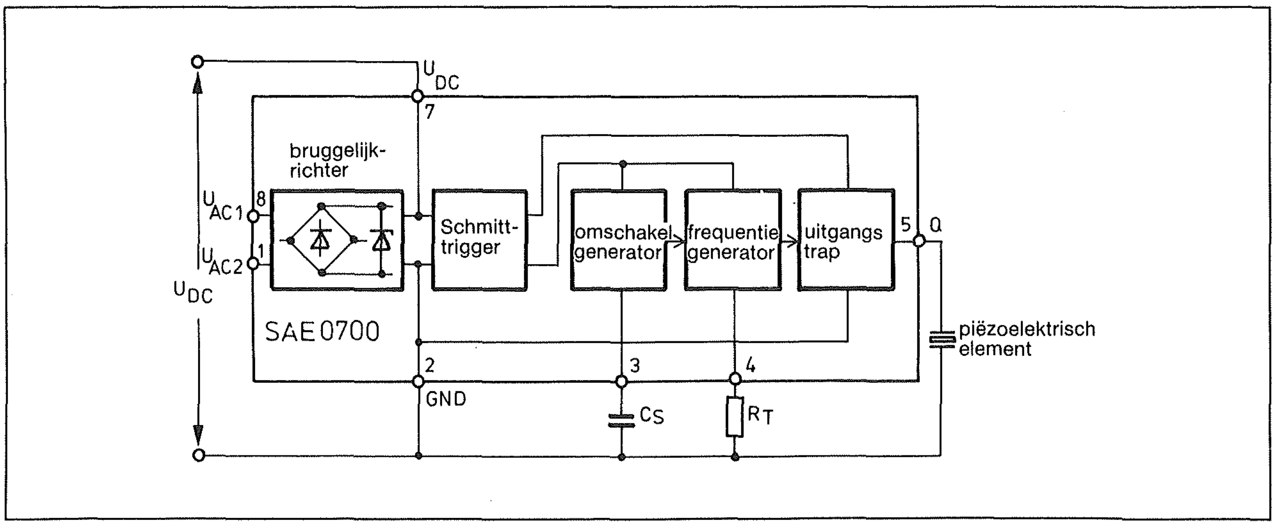
Elektronische telefoonbel

Inleiding

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling biedt een alternatief voor de onbeschaafde ouderwetse bel, die de PTT nog steeds in de meeste van haar toestellen inbouwt. De schakeling kan op ieder gewenst punt van de lijn parallel worden verbonden met de twee aders van de PTT-lijn.
Bij het op de lijn zetten van het bel-signaal zal de schakeling een mooi elektronisch geluidje opwekken.

Het SAE 0700 IC

Hart van de schakeling is een vrij nieuw IC van Siemens, dat speciaal voor dit soort toepassingen is ontworpen en dat door het leven gaat met de roepnaam SAE 0700.
Omdat dit IC echter veel meer mogelijkheden heeft dan alleen het vervangen van de traditionele telefoonbel zullen wij in deze eerste paragraaf enige aandacht besteden aan de interne blokschematische struktuur van deze geïntegreerde schakeling.
De schakeling is ondergebracht in een DIL-8 behuizing en aan de hand van het interne blokschema van figuur 4/14.18-1 zullen wij de functie van de verschillende pennen in het kort bespreken.
– pen 2: de massa van de schakeling, moet verbonden worden met de ge-

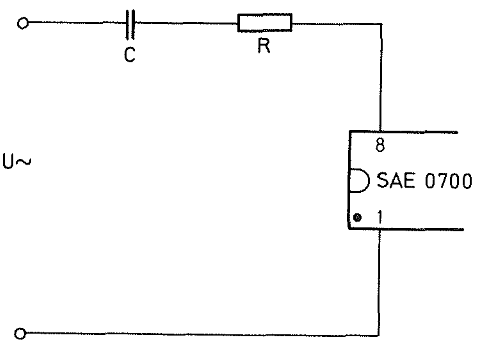


Figuur 4/14.18-1: De interne blokschematische opbouw van het SAE 0700 IC van Siemens. Het IC kan zowel uit gelijk- als uit wisselspanning worden gestuurd.

14.18 Elektronische telefoonbel

meenschappelijke aansluiting van de externe elektronica.
– pen 7: de voedingsaansluiting vraagt een positieve spanning van minstens 10 V en maximaal 25 V.
– pennen 1 en 8: tussen deze punten kan een wisselspanning worden aangesloten die door een interne bruggelijkrichter en zenerdiode wordt gelijkgericht en begrensd op +18 V. Deze gelijkgerichte en eventueel begrensde spanning moet worden afgevlakt door tussen de massa en pen 7 een elco op te nemen. Deze wisselspanning mag niet groter zijn dan 18 V als zij uit een laagohmige bron afkomstig is, daar de zenerdiode anders wordt beschadigd. Sluit men de schakeling aan op een grotere wisselspanning dan kan men deze

U ~ (f = 50 Hz)	C	R
80 V	1,5 µF	1,0 kOhm
110 V	1,0 µF	2,2 kOhm
220 V	0,33 µF	2,2 kOhm



Figuur 4/14.18-2: Het in serie schakelen van een condensator en een weerstand bij te grote ingangsspanningen.

begrenzen door in serie met de ingangskring een weerstand en een condensator op te nemen. Figuur 4/14.18-2 geeft het schema en de waarde van deze twee onderdelen voor verschillende voedingsspanningen (~).

Bij de normale 50 Hz netfrequentie volstaat een condensator van minstens 22 μF tussen pen 7 en de massa.
De gelijkgerichte wisselspanning (of de op pen 7 aangesloten gelijkspanning) wordt in een interne Schmitt-trigger vergeleken met een drempelwaarde van ongeveer 8,6 V. Alleen als deze spanning groter is dan de drempel zal de schakeling geactiveerd worden, hetgeen een ideale maatregel is om activering door stoorpulsen te voorkomen.
– pen 3: de condensator C_s tussen deze pen en de massa geschakeld bepaalt de snelheid waarmee het geproduceerde geluid omschakelt van de ene naar de andere uitgangsfrequentie (de SAE 0700 is een tweetonen generator). Deze twee frequenties verhouden zich als 1,4 tot 1. De omschakelfrequentie wordt gegeven door de formule:

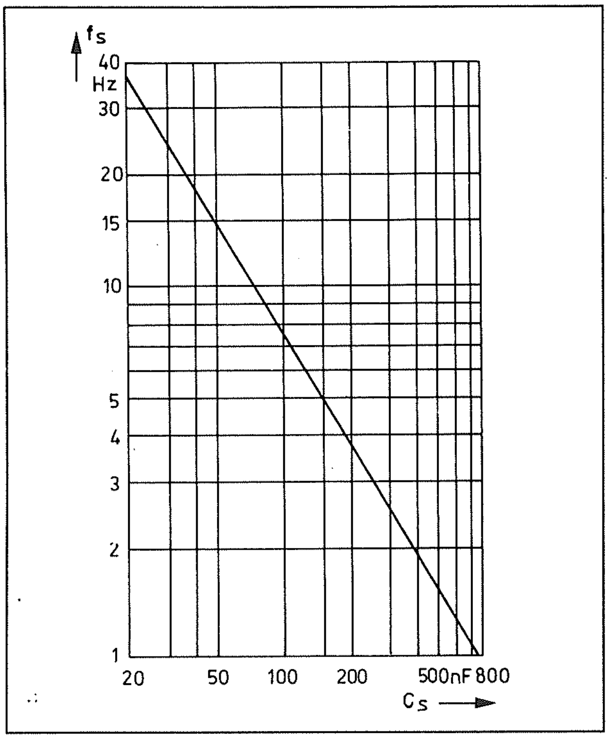
$$f_m = \frac{750}{C_s}$$

waarbij C_s in nF wordt ingevuld en het resultaat in Hz is. Men kan C_s kiezen tussen 15 nF en 1,5 μF, het verband tussen dit onderdeel en de modulatiefrequentie is grafische weergegeven in figuur 4/14.18-3.
– pen 4: weerstand R_T tussen pen 4 en de massa bepaalt de frequenties van het uitgangsignaal. De waarde van beide trillingen wordt gegeven door de formules:

$$f_{T1} = \frac{2,72 \,.\, 10^4}{R_T}$$

$$f_{T2} = f_{T1} \,.\, 0,725$$

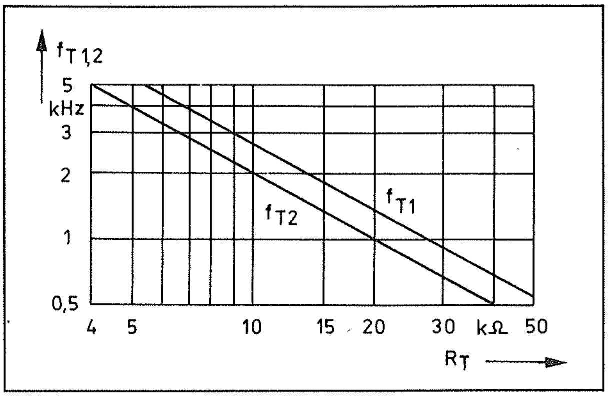
14.18 Elektronische telefoonbel



Figuur 4/14.18-3: Het verband tussen de omschakelfrequentie en de waarde van de condensator C_S.

De waarde van de weerstand wordt ingevuld in kΩ, de frequentie volgt in kHz. De waarde van de weerstand moet liggen tussen de grenzen 1,8 en 270 kΩ. Figuur 4/14.18-4 geeft het grafische verband tussen de weerstandswaarde en de beide frequenties.

– pen 5: dit is de uitgang waarop rechtstreeks een piëzokeramische resonator kan worden aangesloten. Het is ook mogelijk de uitgang te belasten met een kleine luidspreker, maar dan moet deze via een scheidingscondensator met de uitgang van het IC worden verbonden (minutens 10 μF) en een zo hoog mogelijk impedantie hebben. Voor een voedingsspanning van 12 V wordt een luidsprekerimpedantie van minimaal 120 Ω voorgeschreven, bij een voedingsspanning van 25 V 250 Ω.



Figuur 4/14.18-4: De relatie tussen de twee uitgangsfrequenties en de waarde van de weerstand R_T.

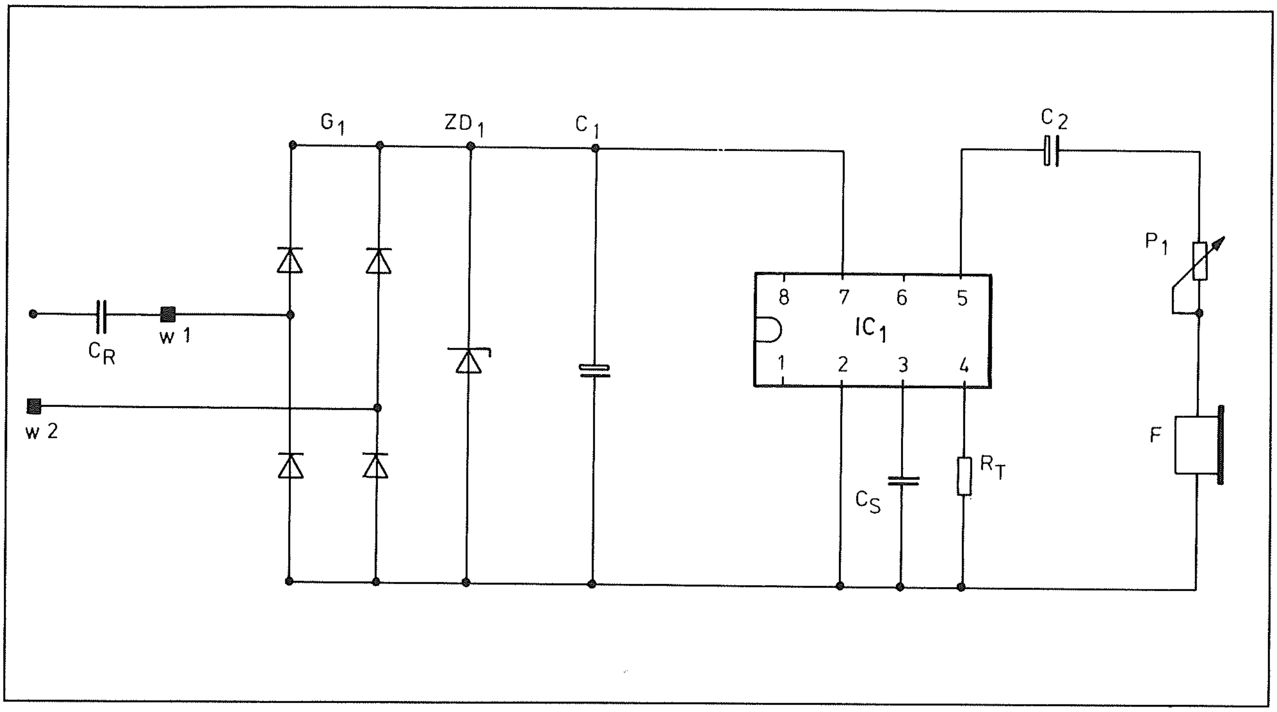
De SAE 0700 als elektronische telefoonbel

Het schema van de elektronische telefoonbel is getekend in figuur 4/14.18-5. De schakeling wordt rechtstreeks verbonden met de twee leidingen waarop het telefoonsignaal binnen komt.

Uit veiligheidsoverwegingen wordt geen gebruik gemaakt van de in het IC aanwezige gelijkrichting, maar wordt een externe schakeling toegevoegd, samengesteld uit vier gelijkrichtdioden en een zenerdiode. De gelijkrichter mag alleen via een scheidingsconsator C_R met de leiding worden verbonden. Alle onderdelen van het ingangscircuit zijn zwaar overgedimensioneerd, zodat de schakeling bestand is tegen allerlei stoorpulsen, die op de telefoonlijn kunnen voorkomen. Het belsignaal heeft een frequentie van slechts 25 Hz en vandaar is het noodzakelijk de waarde van de afvlakcondensator C1 te verdubbelen.

De in de testschakeling gebruikte luidspreker had een impedantie van ongeveer 300 Ω. Men kan daarvoor bijvoorbeeld het luidsprekertje uit een dump

14.18 Elektronische telefoonbel



Figuur 4/14.18-5: Het schema voor het toepassen van de SAE 0700 in een elektronische telefoonbel. De condensator C_R kan worden overbrugd als men de schakeling in de plaats van de traditionele elektromechanische bel in een telefoon inbouwt.

telefoonhoorn gebruiken (afgekeurd PTT-materiaal wordt overal voor een prikje aangeboden). De in serie opgenomen potentiometer van 500 Ω dient als volumeregeling.

Zoals gezegd kan men de schakeling op gelijk welke plaats in huis parallel schakelen over de leiding. Het is natuurlijk ook mogelijk de mechanische bel in het toestel zélf te vervangen. Omdat de scheidingscondensator C_R in de telefoon is ingebouwd, moet men dit onderdeel in dit specifieke geval door een draadbrug vervangen.

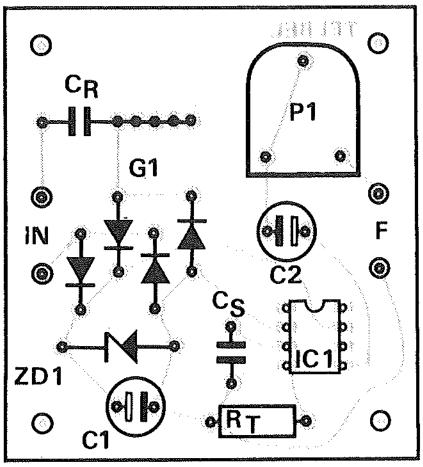
De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.18-6 geeft het wel zeer eenvoudige printontwerpje voor deze schakeling. De plaats van de onderdelen volgt uit figuur 4/14.18-7.

Na het bedraden en solderen van de print kan men, bij losstaand gebruik, het geheel in een klein kuststof kastje monteren en aansluiten op de lijn.
Men laat zich nu door iemand opbellen en als alles naar wens verloopt klinkt nu niet alleen de bel in de telefoon maar ook ons klein kastje.

Gebeurt er echter niets, dan moet men het geheel weer loskoppelen van het telefoonnet en een 50 Hz, 15 V wisselspanning van bijvoorbeeld een voedingstrafo rechtstreeks met de ingangen verbinden. Komt er geen geluid uit het IC, dan kan er een fout zitten in de externe gelijkrichtschakeling, bijvoorbeeld een verkeerd gemonteerde zenerdiode. Blijkt dit echter allemaal volgens voorschrift gemonteerd, dan sluit men een gelijkspanning van +12 V aan over de

14.18 Elektronische telefoonbel



Figuur 4/14.18-7: Plaatsbestemming van de onderdelen

afvlakcondensator. Op de uitgang van het IC moet nu een mooie blokgolf zichtbaar zijn, waarvan de frequentie periodiek wisselt. Let op! De voedingsspanning moet kleiner zijn dan 15 V omdat bij hogere spanning de zenerdiode gaat geleiden en de voeding wordt kortgesloten. Verschijnt er wel signaal op de uitgang maar hoort men niets, dan is waarschijnlijk het telefoon luidsprekertje stuk en moet men dit vervangen.

Onderdelenlijst

Weerstanden:
RT = 18 kΩ, 1/4 W

P1 = 500 Ω, 1 W potentiometer

Condensatoren:
CR = 1 μF, 220 V (geen elko!)
C1 = 100 μF, 63 V elko
CS = zie tekst
C2 = 10 μF, 63 V elko

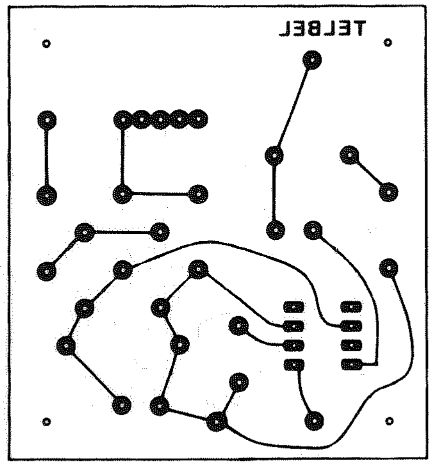
Halfgeleiders:
G1 = 4 x 1 N 4007 diode
ZD1 = 22 V, 3 W zenerdiode

Geïntegreerde schakeling:
IC1 = SAE 0700 Siemens

Diversen:
F = 300 Ωluidsprekertje

14.18 Elektronische telefoonbel

14.18 Elektronische telefoonbel



Figuur 4/14.18-6: De print voor de schakeling.

4/14.19

Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting

De gebruikelijke voorzieningen voor trappenhuis verlichting geven vaak de nodige ergernis, daar het licht doorgaans onverwacht op het ongunstigste moment uitgaat. Ook de lengte van de tijdsduur varieert nogal eens flink. Verlichting voor een langere periode is zonder hulpmiddelen als luciferhoutjes, plakband enz. meestal niet mogelijk. Met deze digitale tijdschakelaar met een "fade-out" voorziening, die gaat werken na afloop van de ingestelde tijdsduur behoren deze problemen tot het verleden. De hier beschreven schakeling is een bedrijfszekere comfortabele en zeker niet dure trappenhuis automaat.

Inleiding

Voor de verlichting van trappenhuizen in flats, kantoorgebouwen en lange gangen wordt bijna uitsluitend gebruik gemaakt van tijdschakelaars, die het licht na een druk op de knop inschakelen en na een bepaalde tijd weer uitschakelen, om onnodig energieverbruik te vermijden. Slaagt men er niet in op de plaats van bestemming in het trappenhuis te komen voordat het licht uitgaat, dan staat men in het donker en doorgaans zo ver mogelijk van de dichtsbijzijnde drukknop. In het gunstigste geval kunt U schuifelend langs trap of muur de volgende schakelaar bereiken. Haast kan bij plotselinge verduistering echter gemakkelijk tot ongelukken leiden. Een tijdige waarschuwing, dat het licht binnen afzienbare tijd uit zal gaan geeft U de gelegenheid de volgende drukknop te bereiken voordat het donker wordt.

Bestaande trappenhuisautomaten en hun nadelen

De meeste trappenhuisautomaten werken volgens een der volgende principes:

- motorisch
- RC-timer
- kwikhydraulica.

De eerste is tamelijk ingewikkeld. Een motor drijft een schakelschijf aan. Na een onwenteling wordt de motor weer gestopt. Gezien de slijtage aan een dergelijk systeem wordt het tegenwoordig niet meer gebruikt. Bij oude trappenhuizen kunt U het evenwel nog tegenkomen.
Een RC-timer, waarbij een condensator over een weerstand wordt ontladen ligt eigenlijk tamelijk voor de hand. Bij langere tijdsduur (1 minuut of langer) levert de lekstroom van de dan benodigde tamelijk grote condensator problemen op, terwijl ook de tijd varieert, afhankelijk van de voorgaande ladingstoestand van de condensator. In het verleden is

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting

met electronenbuizen geëxperimenteerd en later met FET's. Met deze kan men wel de tijdsduur stabiliseren, maar erg betrouwbaar en bedrijfszeker waren deze schakelingen niet.
De kwikschakelaar is op het eerste gezicht nogal primitief en mechanisch tamelijk gecompliceerd. Kwik loopt via een ventiel uit een cylinder in een andere. De tijdsduur bepaalt hoe lang contact wordt gemaakt. (Stelt u zich een beetje het idee van een zandloper voor). Ondanks de mechanische gecompliceerdheid en het feit, dat kwik toch niet ongevaarlijk is, is dit het meest verbreide systeem.
Er komt nog een vierde systeem voor, dat berust op een zuignap, die een schakelaar even vasthoud. Als U iets dergelijks in Uw trappenhuis heeft, bent U zeker aan de hier beschreven schakeling toe.
Alle methoden hebben de in de inleiding beschreven nadelen. De ingestelde tijden veranderen, met alle gevaren en ergernis vandien.

De oplossing

De hier beschreven trappenhuisautomaat werkt digitaal. De tijd wordt verkregen door deling van een stabiele frequentie. Men zou een kristal kunnen nemen, doch de meest voor de hand liggende (ook letterlijk) oplossing is de netfrequentie van 50 Hz te benutten. Uit de pulsduur van 20ms wordt via delers een pulsduur van enige minuten verkregen. Als waarschuwing, dat de tijd voorbij is wordt de verlichting zelf gebruikt. Deze wordt namelijk niet abrupt uitgeschakeld, maar over een periode van 20 seconden gedimd. Deze tijd is doorgaans lang genoeg om een schakelaar te bereiken, waarmee het licht weer kan worden ingeschakeld.
Voor langer durende werkzaamheden in het trappenhuis, zoals verhuizing, schoonmaken, herstelwerkzaamheden ed. kan de timer worden geblokkeerd, waardoor het licht aan blijft. Om misbruik te voorkomen kan dit slechts op de tijdschakelaar zelf worden gedaan. Het weer inschakelen van de timer kan echter vanaf elke schakelaar gebeuren.
Aan de lichtinstallatie zelf worden geen wijzigingen aangebracht, daar deze schakeling domweg de bestaande tijdschakelaar vervangt. De schakeling wordt als een gewone lichtschakelaar aangesloten. Om storingen te vermijden kan men de schakelaar het best in de neutrale leiding van het net zetten. De bestaande trappenhuisschakelaars moeten dan echter ook de neutrale leiding schakelen. TL- en andere gasontladingslampen kunnen niet worden geschakeld. Waar deze zijn toegepast blijven zij meestal altijd aan.
Aangezien de schakeling direkt aan het net is verbonden dient men de nodige voorzichtigheid in acht te nemen en de schakeling in een goede geïsoleerde behuizing te monteren. Het eigengebruik van de schakeling is enkele milliWatts. R13,R14,D8 en D9 dienen als voorzorg tegen verkeerde aanlsuiting.

De schakeling

Om het licht te schakelen en te dimmen wordt een digitaal dimmer IC gebruikt. Als dit IC aan pen 6 aan korte puls krijgt aangeboden, dan schakelt dit IC het licht aan. Als men aan pen 3 twee pulsen aanbiedt, dan wordt het licht langzaam gedimd. Deze pulsen worden door IC 2 uit de netspanning verkregen en via een poort van IC 3 aan IC 1 aangeboden na afloop van de inge-

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting

gestelde tijd. Deze laatste tijd is eveneens afkomstig van IC 2. Met schakelaar S3 kan de tijdsduur worden gekozen.
Het dimmer IC(1) is helaas zo gemaakt, dat de ingang op pen 6 als een flip-flop werkt. Is het licht uit, dan resulteert een puls op pen 6 in het onmiddelijk aangaan. Is het licht echter aan, dan resulteert een puls op pen 6 in het onmiddelijk uitgaan. Daardoor zou de schakeling niet hertriggerbaar zijn. Daarom zorgt de rest van de schakeling ervoor, dat als het licht aan is en er opnieuw op een schakelaar wordt gedrukt, dat er twee pulsen achter elkaar worden gegenereerd. Het licht zal dan heel even flikkeren, hetgeen door de "drukker" als confirmatie van zijn handeling kan worden gezien. Bij de opgegeven componentenwaarden is de minimale belasting 25W en de maximale belasting 500W. De maximale belasting kan worden aangepast, door een zwaardere triac te gebruiken, dan moet men natuurlijk ook de zekering en de ontstoorspoel dienovereenkomstig aanpassen.

Aanwijzingen voor de bouw en de veiligheid

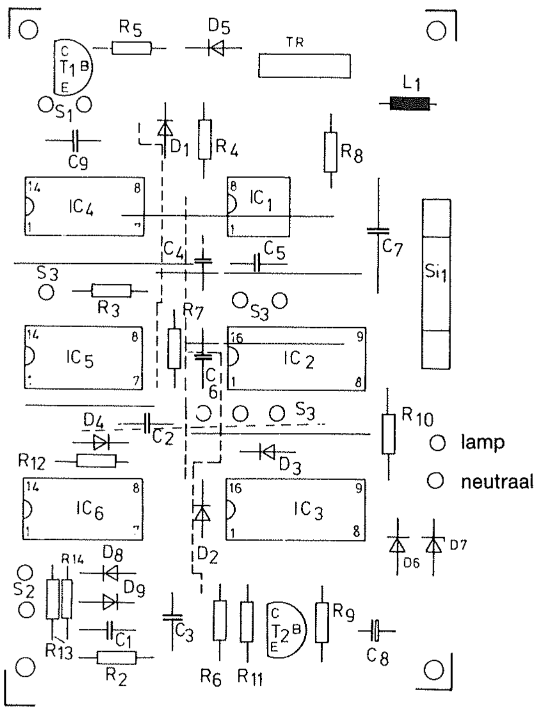
Aangezien het apparaat, niettegenstaande zijn veel betere prestaties niet of nauwelijks duurder is dan de bestaande apparaten kan het bij nieuwbouw of noodzakelijke renovatie direct worden gebruikt. Regelmatige service is hiermee in de toekomst ook niet meer nodig. De goede eigenschappen maken het echter ook interessant de schakeling in bestaande trappenhuizen toe te passen.
U werkt met de NETSPANNING dus LET OP! De gehele schakeling staat onder spanning. Men moet de schakeling dus bij voorkeur in de gesloten behuizing gebruiken en nooit aanraken als de netspanning is aangesloten. Mocht het apparaat niet werken dan moet bij metingen uiterste voorzichtigheid in acht worden genomen. Zet de schakeling altijd vast, of werk op de grond, dan kan hij tenminste niet vallen! Dat klinkt misschien wat overdreven, maar U zou de eerste niet zijn, die achter een (meet-)snoer blijft hangen en de hele zaak valt van tafel. Uw eerste reactie.....juist: opvangen! Denk eraan dat de print geïsoleerd wordt opgesteld. Meetapparatuur mag niet geaard zijn en de behuizing mag niet met een der meetklemmen zijn verbonden, (wat bij oscilloscopen nogal eens het geval is).
Na de laatste visuele controle kunt U de netspanning inschakelen. Het verdient aanbeveling dit te doen op een netgroep met aardlekschakelaar of via een scheidingstranformator. Het spreekt vanzelf, dat voor S1 een schakelaar wordt gebruikt, die voor netspanning geschikt is en niet een miniatuurschakelaartje dat nog in de rommelbak lag. Aan de schakeling valt niets af te regelen. Als het apparaat werkt kan het in het trappenhuis worden ge-installeerd. Dit mag een hobbyist echter niet zelf doen. Werkzaamheden aan een huisinstallatie moeten door een monteur worden gedaan.

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting

Onderdelen lijst

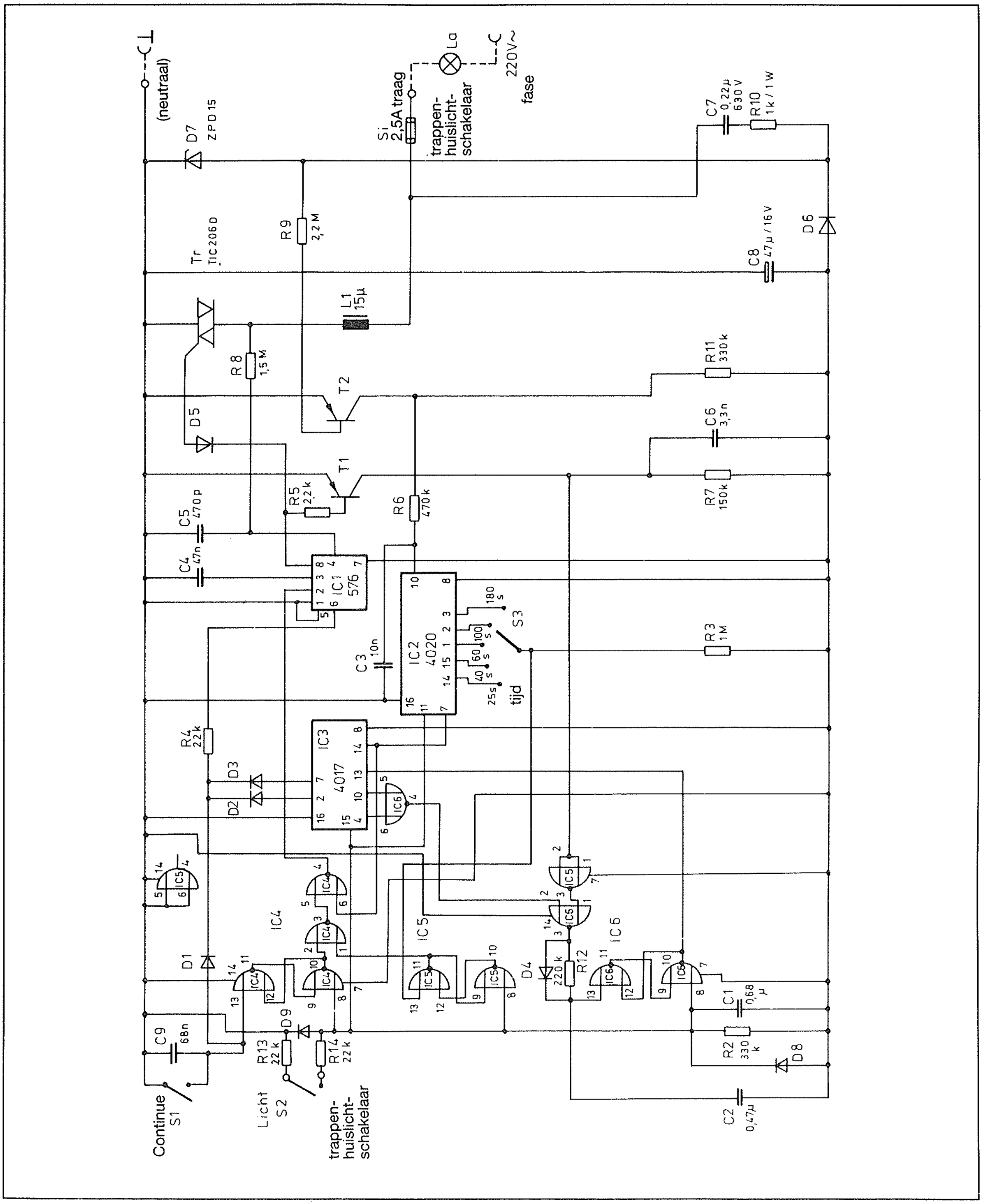
Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	electronische dimmer	S576	Siemens
IC2	async 14-bits bin. teller	4020	
IC3	sync decimale teller met decoder	4017	
IC4-IC6	Quad NOR-poorten met elke twee ingangen	4001	
T1,T2	PNP-transitor	BC308B	
D1-D6, D8,D9	diode	1N4148	
D7	zenerdiode	ZPD 15	
Tr	triac	TIC206D	
R2,R11	weerstand	330K	0,25W, 5%
R3	weerstand	1M	0,25W, 5%
R4	weerstand	22K	0,25W, 5%
R5	weerstand	2K2	0,25W, 5%
R6	weerstand	470K	0,25W, 5%
R7	weerstand	150K	0,25W, 5%
R8	weerstand	1M5	0,25W, 5%
R9	weerstand	2M2	0,25W, 5%
R10	weerstand	1K	1W
R12	weerstand	220K	0,25W, 5%
R13,14	weerstand	22K	1W
C1	condensator	0,68 μF/63V	
C2	condensator	0,47 μF/63V	
C3	condensator	10 πF	
C4	condensator	47 πF	
C5	condensator	470 pF	
C6	condensator	3,3 π	
C7	condensator	0,22 μF/63V	
C8	condensator	47 μF/16V	
C9	condensator	68 π	
S1	Drukknop		
S2	Trappenhuislicht-schakelaar		
S3	5 staanden draai-schakelaar met geïsoleerde as geïsoleerde as		event. vaste verbinding
L	Ontstoorspoel	4A/15 μH	
Si	Zekering	2,5A	traag

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting



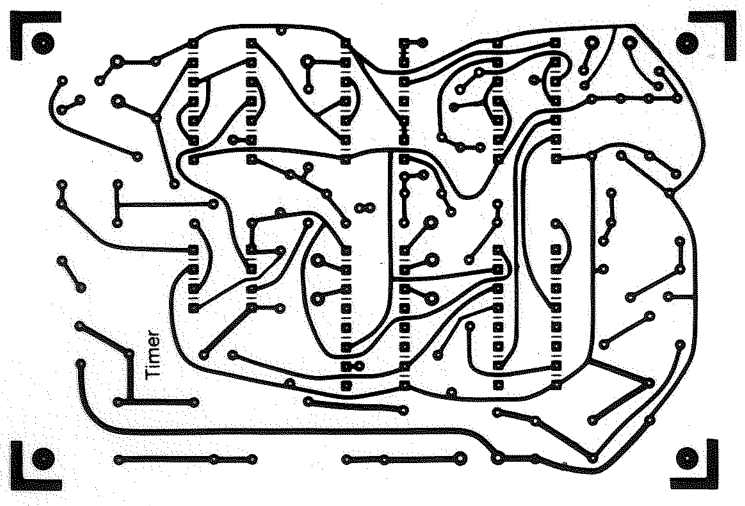
Figuur 4/14.19-1: Het schema

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting



Figuur 4/14.19-3: Onderdelen plattegrond

14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting



Figuur 4/14.19-2: De print layout

4/14.20 Alarminrichting met dubbele beveiliging

Voor de beveiliging van de toegang tot ruimten zijn verschillende alarminstallaties in de handel. Deze installaties vallen doorgaans in twee hoofdgroepen uiteen: "contactloze beveiliging" (ultrasoon, radar, infrarood) en „contact toestand veranderings beveiliging". De contactloze systemen worden vooral in militaire en commerciële beveiligingen toegepast. Deze systemen zijn tamelijk complex en bovendien nogal duur. De tweede groep is aanmerkelijk minder complex en met relatief eenvoudige middelen zelf te maken. Zij bieden een goede beveiliging tegen "normale?" indringers. De gewone burger hoeft zich over het algemeen niet te beveiligen tegen "Watergate"-indringers, de maffia en soortgelijke "heren".

De "contact toestand veranderings beveiliging" worden ook wel „bedraadde beveiliging" genoemd. (Echter ook de detectoren van het andere systeem zullen met de centrale moeten worden verbonden.) Bij deze beveiliging wordt gebruik gemaakt van:

1. ruststroomtechniek
2. open contacttechniek

De werking van deze twee versies is eenvoudig uit te leggen. Bij het ruststroom principe loopt er door de gehele alarmkring voortdurend een kleine stroom. Als de kring ergens wordt onderbroken, bv. door het openen van een deur of raam, dan zal er geen stroom meer lopen, hetgeen door de alarmcentrale wordt gedetecteerd, waarna het alarm in werking treedt. Bij het open contact principe wordt gewerkt met open contacten, die paralel zijn geschakeld. Als een der contacten (even) wordt gesloten dan zal dit het afgaan van het alarm tot gevolg hebben.

De hier beschreven dubbele alarminstallatie maakt gebruik van beide technieken. De slimme inbreker, die een (gesloten) contact overbrugt en daarmee de installatie te slim af denkt te zijn zal van een koude kermis thuis komen als hij hetzelfde truukje probeert op het volgende contact op zijn weg en dan tot zijn schande zal ervaren, dat die handeling precies het tegenovergestelde bewerkstelligt van wat hij had willen bereiken. Het is dus niet zo eenvoudig deze beveiliging te overbruggen. Zelfs de inbreker die weet, dat hij met een dubbele beveiliging te maken heeft, zal moeten gokken of hij met een overbrugging of juist een verbreking een alarmering kan voorkomen.

Als extra is deze alarminstallatie ook nog voorzien van een "overvalcircuit". Een "stil"-alarm schakelaar of een brandmeldcontact dat gesloten wordt en op dit circuit wordt aangesloten zal ook bij het niet scherp staan van het alarm een alarmering tot gevolg hebben.

Bouw en werking

Als meldelementen kan allerhande schakelmateriaal worden toegepast. Zeer betrouwbaar zijn reedcontacten, daar men daarmee zeer elegant en betrouwbaar alle deuren en ramen kan beveiligen. Een kleine magneet wordt in de deur of het raam aangebracht. De reedcontacten worden dan in de deurpost of raamkozijn gemonteerd. Als de magneet boven het reedcontact ligt wordt dit gesloten en een contstante stroom kan er door lopen. Wordt de deur of het venster geopend, dan beweegt de magneet van het reedcontact weg, dat daardoor opengaat. De stroom wordt onderbroken en het alarm gaat af. Door de magneet zo te plaatsen, dat bij gesloten deur of venster het reedcontact niet gesloten is, maar bij het opengaan van het raam of de deur de magneet over het reedcontact beweegt, waardoor dit even gesloten wordt kan het contact in de andere beveiligingskring worden gebruikt. Drie LED's geven de toestand aan waarin het alarm zich bevindt. Bij het inschakelen knippert LED D6/7, even later gaat deze LED continu aan, waarmee wordt aangegeven, dat het alarm op scherp staat. LED D5 geeft aan of er in het bewakingscircuit een contact open is. LED D5 gaat aan bij alarm. Naast de reedcontacten kunnen ook trillings- en temperatuurs- en breukdetectors worden aangesloten. Als „overval-schakelaar" kan een gewone drukknop worden toegepast.

Aan de relaiscontact uitgang kunnen allerlei soorten alarmeringstoestellen worden aangesloten, zoals sirenes, lichten, knipperlichten enz. Het alarm kan ook op intern alarm worden gezet. In dat geval wordt de ingebouwde zoemer geactiveerd bij alarm. De inschakelvertraging, de alarmeringsvertraging en de alarmduur kunnen onafhankelijk van elkaar worden ingesteld. Het alarm is functioneel op het moment van inschakelen. De aansluitingen van de reedcontacten staan op scherp na een met P1 instelbare tijd. Deze tijd moet de eigenaar in staat stellen het te bewaken pand te verlaten zonder daarmee het alarm in werking te stellen. In de schakeling wordt dit bereikt doordat C1 over P1 en R1 eerst wordt opgeladen tot 2/3 van de voedingsspanning. Pas hierna stuurt de uitgang van IC1 T1 en T2 in geleiding en LED 6/7 geeft aan dat het alarm op scherp staat.

Ter illustratie van de werking nemen we het volgende aan: tussen de contacten van circuit 1 (O) is een rij seriegeschakelde reedcontacten aangebracht, die alle gesloten zijn. Daardoor loopt er een ruststroom van de voeding via R6, R11 en de contacten naar aarde. De basis van T3 is laag en daarmee is T3 gespert. Zodra een reedcontact open gaat komt de basis van T3 via R6 aan de voeding te liggen. T 3 zal in geleiding gaan. LED D5 zal oplichten en geeft de onderbreking van het

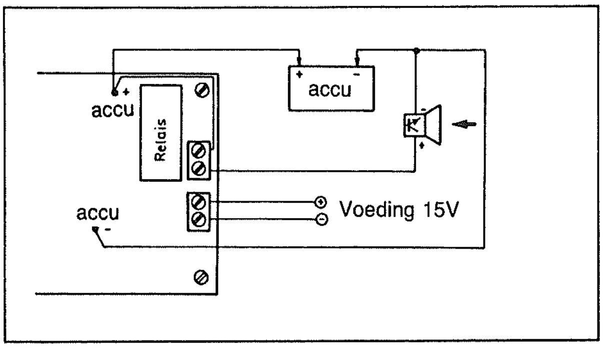
alarmcircuit aan. IC2 wordt via C4 getriggerd, waardoor de uitgang (pin 3) hoog wordt. De tijd dat de uitgang van deze monostabiele multivibrator hoog blijft wordt ingesteld met P2. Dit is de alarmvertragingstijd, nodig om de eigenaar in staat te stellen naar binnen te gaan en het alarm af te zetten voor het afgaat. Als de uitgang van IC2 weer laag wordt, wordt via C9 IC3 getriggerd. De uitgang van dit IC wordt dan hoog en T5 zal in geleiding komen. Afhankelijk van de stand van de schakelaar "Intern/Extern" wordt nu hetzij de interne zoemer of het relais geactiveerd. LED D8 geeft de alarmtoestand aan. Het alarmsignaal blijft aan zolang de uitgang van IC3 hoog is. Deze alarmtijd wordt ingesteld met P3. Als C12 via P3 en R 15 is opgeladen tot 2/3 van de voedingsspanning gaat de uitgang van IC3 weer laag. Aan circuit 2 (S) worden parallel geschakelde sluitcontacten aansloten. Bij het sluiten van een der contacten wordt via C4 IC2 getriggerd. Het resultaat is verder als boven beschreven. Aan circuit 3 (D) kunnen parallel geschakelde sluitcontacten worden aangesloten, die een onmiddellijke alarmering tot gevolg moeten hebben. Stilalarm, brandalarm ed. In circuit 1 kunnen tot 20 contacten in begrensde ruimte worden opgenomen. Bij meer contacten kan door overgangs- en bedradingsweerstanden de storingsgevoeligheid te groot worden.

Afregelen en uitproberen

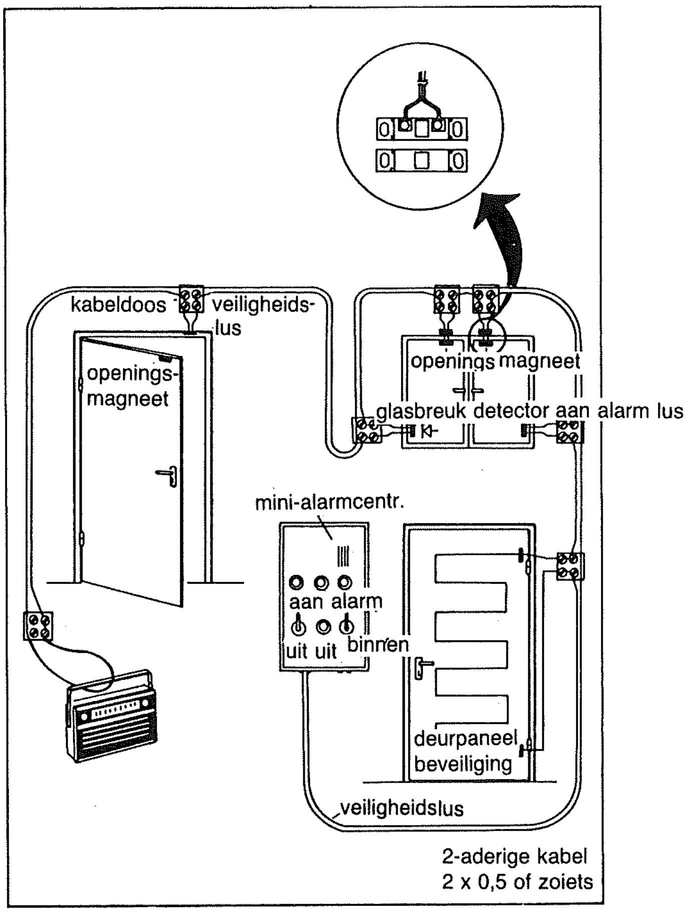
Schakelaar aan/uit uitzetten. Voedingsspanning 12...15 volt aanleggen. Trimpots P1 in de midden stand zetten. Trimpots P2 en P3 geheel naar rechts draaien. Op de aansluitklemmen de contacten van circuit 1 (O) doorverbinden. Het alarm inschakelen. De LED D6/7 (aan/scherp) knippert en gaat na een door P1 bepaalde tijd continu branden. Het alarm staat nu op scherp. Nu wordt met een draadbrug over de klemaansluitingen van circuit 2 (S) een alarm veroorzaakt. LED D5 moet nu aan gaan, waarmee wordt aangegeven dat er een alarmconditie is. Na afloop van een korte vertraging gaat het alarm. Met drukknop S1 kan men de zoemer of het externe alarm onderbreken. LED D8 is gedurende de alarmtijd aan. Zolang moet dus S1 worden vastgehouden om niet doof te worden tijdens de afregeling. Met P1 regelt u de tijd tussen aanzetten en scherp worden van het alarm, met P2 de vertraging tussen het ontstaan van de alarmconditie en het afgaan van het alarm en met P3 regelt u de totale alarmduur. Door de aangebrachte draadbrug in circuit 1 even te onderbreken kan dit circuit worden getest. Een kortstondige kortsluiting van de klemmen van circuit 3 moet onmiddellijk alarm tot gevolg hebben. Figuur 4/14.20-1 en 2 geven een schematisch overzicht van de aansluitingen.

Onderdelenlijst

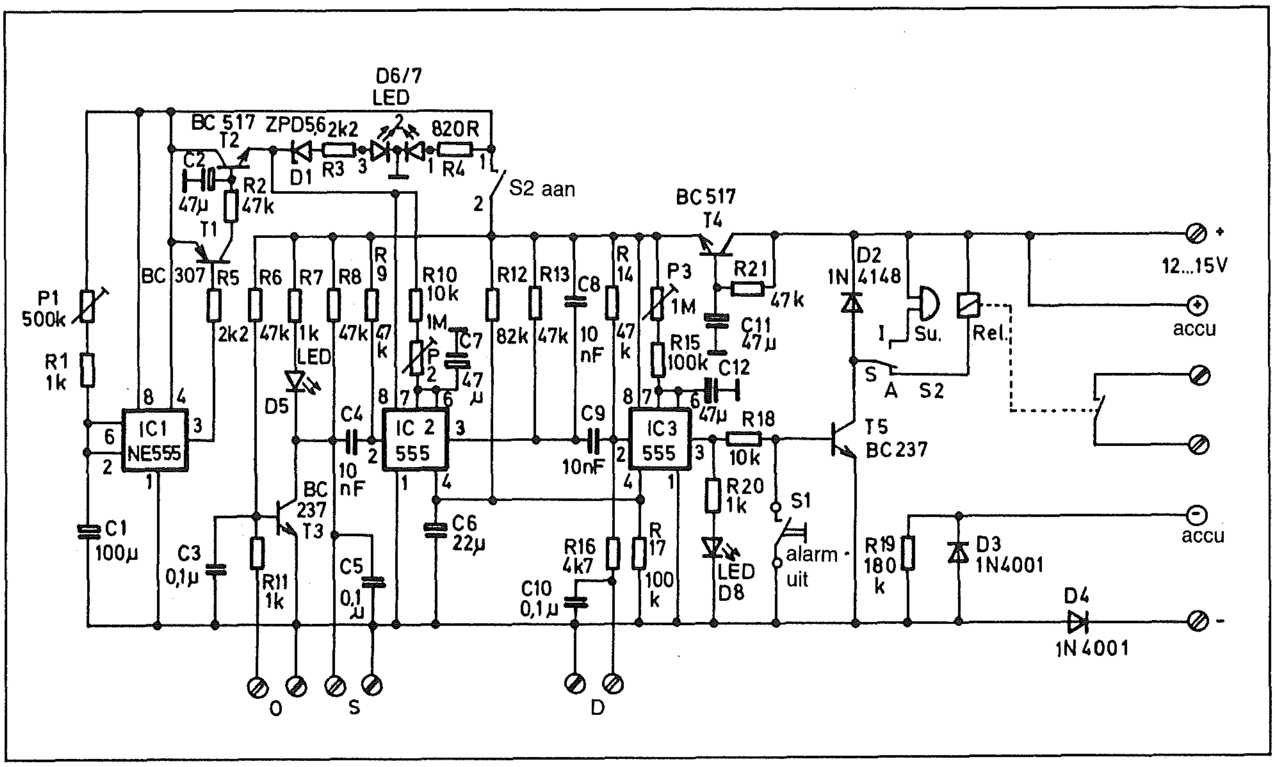
IC 1-3	NE555 timer IC
T1	BC307
T2, T4	BC517
T3, T5	BC237
D1	ZPD 5, 7 Zener
D2	1N4148
D3, D4	1N4001
D5, D6/7, D8	Universeel LED
R1, R7, R11, R20	1K, 1/4W, 5%
R2,R6,R8,R9,R13,	
R14, R21	47K, 1/4W, 5%
R3, R5	2K2, 1/4W, 5%
R4	820 Ohm, 1/4W, 5%
R10, R18	10K, 1/4W, 5%
R12	82K, 1/4W, 5%
R15, R17	100K, 1/4W, 5%
R16	4K7, 1/4W, 5%
R19	180K, 1/4W, 5%
P1	Instelpot 500K, log
P2, P3	Instelpot 1M, log
C1	100uF/16V elco staand
C2, C7, C11, C12	47uF/16V elco staand
C10	100nF
C4, C8, C9	10nF
C6	22uF/16V elco staand
-	Relais 1 x A
-	Zoemer
S1	druktoets, 1 x aan
S2	schakelaar, 1 x aan
Schroefcontactstrip	6 contacten



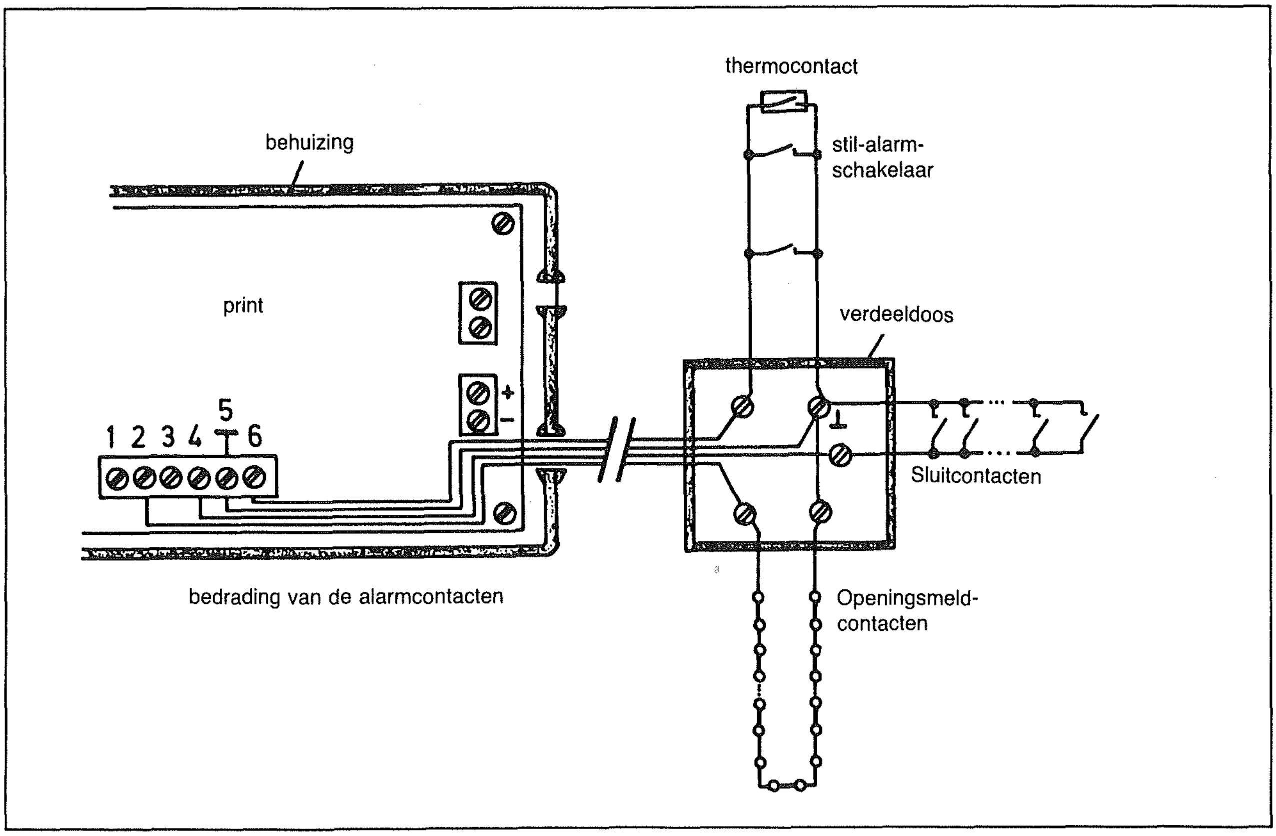
Figuur 4/14.20-1: Aansluiting van voeding, accu en electronische sirene



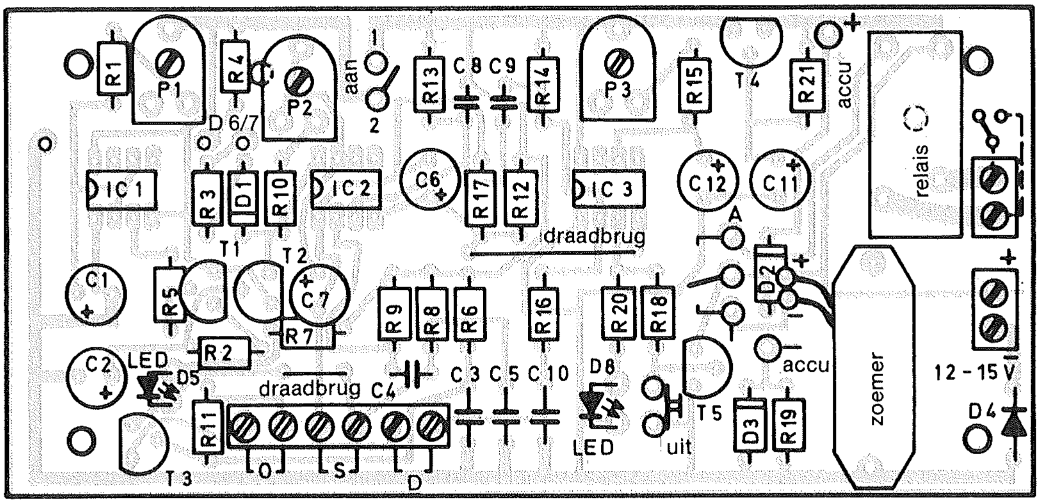
Figuur 4/14.20-2: Bedradingsvoorbeeld bij serie-aansluiting



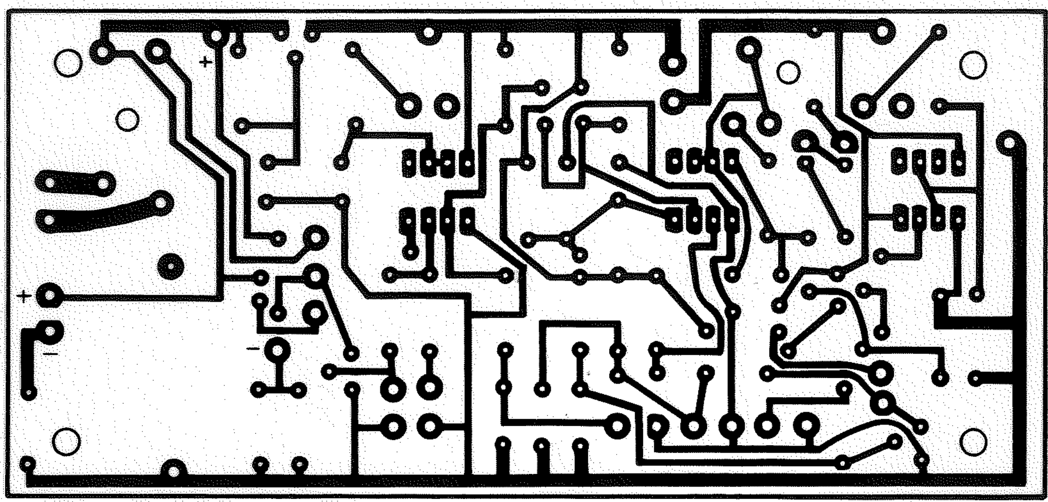
Figuur 4/14.20-3: Het schema



Figuur 4/14.20-4: Bedrading met in- en externe aansluitingen



Figuur 4/14.20-6: Componenten opstelling



Figuur 4/14.20: Printlayout (soldeerzijde).

4/14.22

Universele laagfrequent LED-indicator

Inleiding

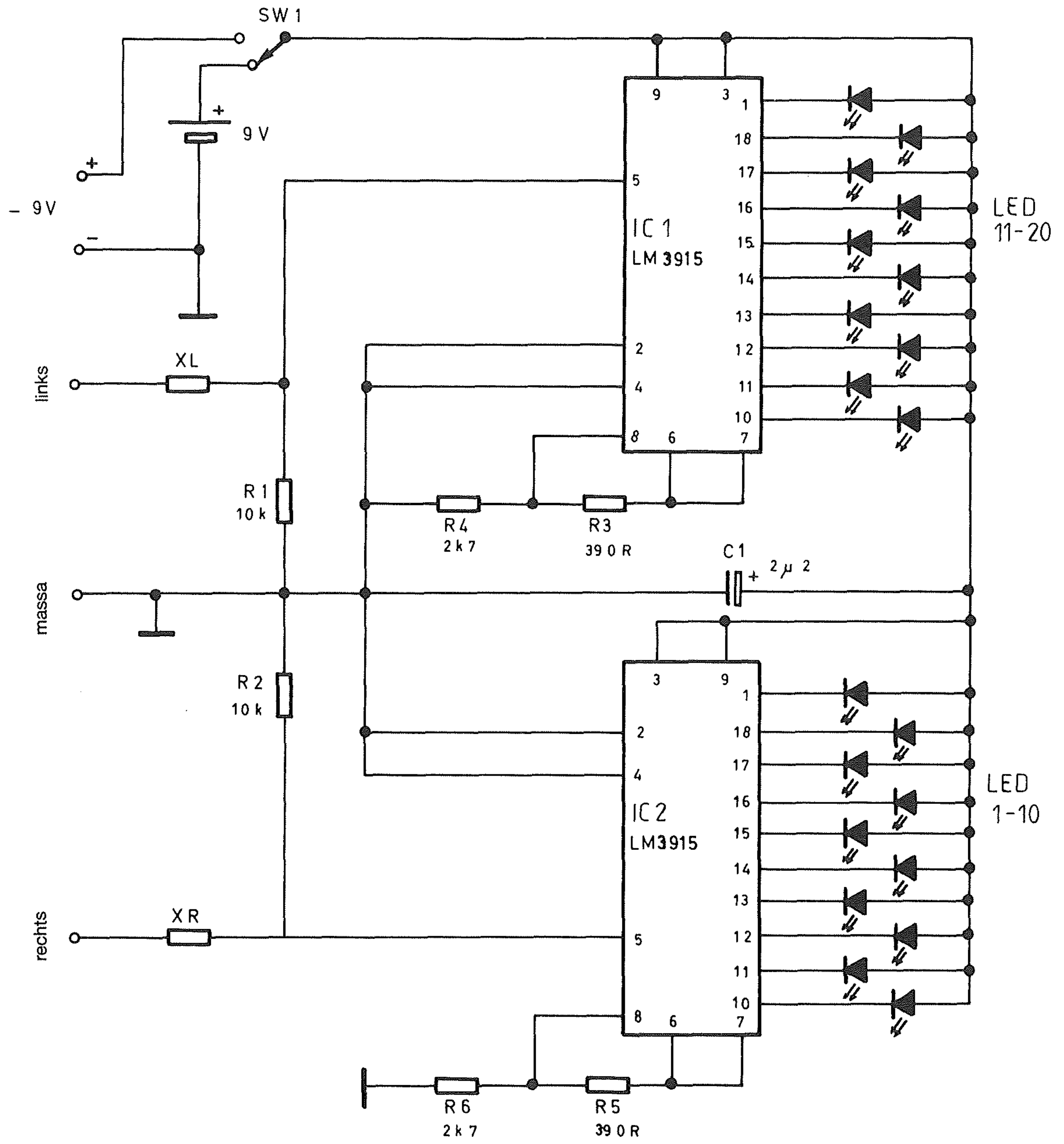
Bij het opnemen van muziek op goede cassetterecorders is het zeer belangrijk te weten hoe groot de momentele waarde van het uitgangssignaal is. Wij zeggen bewust "goede" recorders, omdat alle goedkope modellen zijn uitgerust met een automatische opnameregeling, die weliswaar oversturing van de band voorkomt maar een niet geringe hoeveelheid vervorming introduceert. Goede apparaten hebben zo'n voorziening of in het geheel niet of als uitschakelbare functie.
De VU-meters met LED-kolommen hebben de traditionele wijzerapparaten al lang verdrongen. Dat heeft goede gronden.
Op de eerste plaats treden er in geluidsignalen vaak zeer plotse en zeer grote pieken op die vanwege de traagheid van wijzerinstrumenten niet te volgen zijn op een elektromechanische meter.
Op de tweede plaats is het geluidsniveau tussen achtergrondruis en stel maar de pijngrens zeer groot. Voor apparatuur met een uitstekende signaal-ruis verhouding is de verhouding tussen minimaal en maximaal signaal vaak ongeveer 1/100000! Deze groot uitsturing vereist en logaritmische omzetting van het te meten signaal. Iets waarvoor bij traditionele elektromechanische instrumenten een flink brok elektronica voor nodig is (althans vooropgesteld dat men een redelijke nauwkeurigheid op prijs stelt) maar in de IC's die de LED's van een optische uitlezing sturen geïntegreerd kan worden.

Schema-beschrijving

Het schema van de LED-indicator is getekend in figuur 4/14.22-1. De schakeling is uit twee identieke delen samengesteld, het volstaat dus een kanaal te bespreken.
Hart van de schakeling is een LED-driver van het type LM 3915 van National Semiconductors. Dit IC is in staat tien LED's te sturen, waarbij de uitlezing zowel onder de vorm van een punt (één LED licht op) als onder de vorm van een kolom (alle LED's tot de gemeten waarde lichten op) kan geschieden. Het bereik van de meter is 30 dB en de schaal is lineair, zodat iedere LED overeen komt met een niveau-verschil van 3 dB
Het IC is samengesteld uit tien comparatoren die de ingangsspanning op pen 5 vergelijken met tien intern opgewekte referentiewaarden. Deze interne spanningsdeler is nu zo berekend, dat de drempels van de comparatoren 3 dB uit elkaar liggen. Als men de ingangsspanning van 0 V laat stijgen tot een bepaalde maximale waarde zullen steeds meer comparatoren omklappen

14.22 Universele laagfrequent LED-indicatie

luidspreker-impedantie	Xr en Xl voor een versterker met 100 W uitgangs-vermogen
4 Ohm	10 kOhm
8 Ohm	18 kOhm
16 Ohm	33 kOhm



Figuur 4/14.22-1: Het schema van de stereo LED VU-meter.

14.22 Universele laagfrequent LED-indicator

en steeds meer LED's gaan branden. Dit natuurlijk in de veronderstelling dat men de kolom- en bar-uitlezing heeft ingeschakeld.

Zoals gezegd werkt de uitlezing logaritmisch. Als de ingangsspanning U_1 met 3 dB stijgt tot de waarde U_2, dan bestaat er een eenvoudig verband tussen beide waarden dat gegeven wordt door:

$$U_2 = U_1 \,.\, \sqrt{2} = U_1 \,.\, 1{,}414$$

Men kan nu het vermogen berekenen dat met deze niveau-stijging overeen komt.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

dus:

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R}$$

en:

$$P_2 = \frac{(U_1\sqrt{2})^2}{R} = \frac{U_1^2 \times 2}{R} = 2 \times P_1$$

Een spanningsstijging over 3 dB heeft dus een verdubbeling van het vermogen tot gevolg.
Men kan de LED-schaal bijgevolg zowel in dB als in vermogen ijken. In het eerste geval telt men voor iedere volgende LED 3 dB bij de ijing van de vorige LED op, in het tweede geval verdubbelt men de waarde. Een schaal zou er dus als geschetst in tabel 4/14.22-1 kunnen uitzien.

Het ijken van de vermogen-schaal

De ingang van de schakeling verwacht een spanning. Wil men vermogens meten, dan zal het uitgangsvermogen van de versterker op de een of andere manier moeten worden omgezet in een spanning, die een maat is voor het vermogen.
Nu wordt het vermogen dat een versterker kan leveren bepaalt door de impedantie van de luidspreker en door de maximale onvervormde uitgangsspanning. Het verband tussen vermogen, spanning en impedantie wordt gegeven door de formule:

LED-nummer	aantal dB	aantal W
1	−21	0,1
2	−18	0,2
3	−15	0,4
4	−12	0,8
5	− 9	1,6
6	− 6	3,2
7	− 3	6,4
8	0	12,8
9	+ 3	25,6
10	+ 6	51,2

Tabel 4/14.22-1

$$U_{uit} = \sqrt{P \,.\, R}$$

Stel nu dat wij een versterker hebben waarvan de technische specificaties beweren dat hij een sinus-continu vermogen van 25 W kan leveren aan een belasting van 8 Ω, dan kunnen wij berekenen dat de uitgangsspanning die met dat vermogen overeen komt gelijk is aan:

$$U_{uit} = \sqrt{25.8}$$

$$= \sqrt{200}$$

$$= 14{,}1 \text{ V}$$

Deze uitgangsspanning wordt, zie het schema, aangeboden aan de serie-schakeling van twee weerstanden R3 en R4, ingesteld op een volledige uitsturing bij

14.22 Universele laagfrequent LED-indicatie

een spanning van 10 V op de ingang pen 5 van het IC.
Tussen deze IC-pen en de ingang van de schakeling is echter de genoemde weerstandsdeler aangebracht, zodat de ingangsspanning wordt gereduceerd tot een waarde die wordt bepaald door de waarde van de weerstanden R2 en Xr.
14,1 V aan de ingang moet 10 V op pen 5 leveren.
Men kan de waarde van de weerstand Xr berekenen door gebruik te maken van de algemene spanningsdeler-formule:

$$\frac{R_{tot}}{R_{deel}} = \frac{U_{tot}}{U_{deel}}$$

Specifiek voor deze toepassing:

$$\frac{R_{Xr} + R_2}{R_2} = \frac{U_{uit}}{10\ V}$$

Nu is R2 gelijk aan 10 kΩ, zodat:

$$R_{Xr} = \left(\frac{14{,}1\ V}{10\ V} \cdot 10\ k\Omega\right) - 10\ k\Omega$$
$$= 4{,}1\ k\Omega$$

Men rondt deze waarde af tot de dichtst bijzijnde E-12 waarde, in dit geval 3,9 kΩ.
Het zelfde herhaal geldt uiteraard voor het linker kanaal met de weerstanden R1 en X1.

Op deze manier kan men de schaal in aantal Watt aanpassen aan iedere versterker en iedere luidspreker-impedantie.

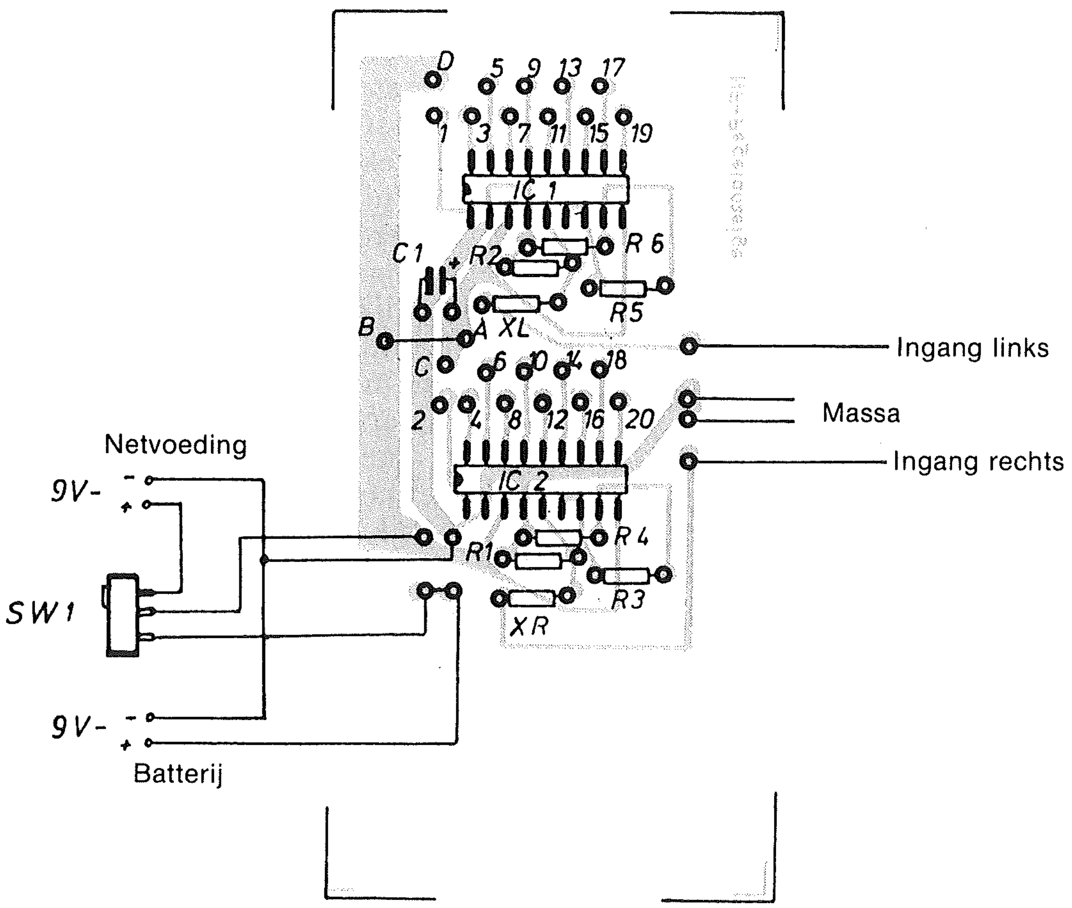
De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.22-2 geeft de lay-out van het kleine printje, dat alle onderdelen met uitzondering van de LED's bevat voor beide kanalen.
Figuur 4/14.22-3 leidt de onderdelen naar hun gereserveerde plaatsen. Vergeet de ene draadbrug tussen de punten A en B niet! Nadien volgen de weerstanden, de soldeerlipjes voor het aansluiten van de LED's, de IC-voetjes en de ene afvlakcondensator. Men kan tot slot de IC's in de voetjes duwen en het printje even terzijde leggen.
De indicatie-LED's moeten ergens op de frontplaat van de versterker worden ondergebracht. Men kan losse 5 of 3 mm LED's toepassen, maar het is natuurlijk ook mogelijk de moderne geïntegreerde LED-kolommen van Telefunken in te huren. Een en ander is afhankelijk van de beschikbare plaats en de aandacht en moeite die men aan een representatief voorkomen wil besteden.
Heeft men de noodzakelijke mechanische werkzaamheden op de frontplaat losgelaten, dan monteert men alle LED's, probeert de kast weer in elkaar te schroeven en monteert het printje ergens in de buurt van de lichtgevende dioden.
De anodes van alle LED's worden met elkaar verbonden en aangesloten op de pennetjes C en D en de print. De 20 katodes worden met even zovele draadjes volgens tabel 4/14.22-2 aan de print gekoppeld.
De draden-wirwar kan men fraai afwerken door gebruik te maken van kabelbinders en door alle draadjes precies de juiste lengte te geven.

Het gebruik van de schakeling

De schakeling wordt parallel geschakeld aan de luidsprekers, waarbij men er goed moet op letten niet een van de "hete" luidspreker-aansluitingen kort te sluiten! Dus: massa aan "koude" aansluiting en ingang aan "hete" draad.
Men kan de "koude" luidspreker-aansluiting gemakkelijk traceren door even met een op weerstand geschakelde uni-

14.22 Universele laagfrequent LED-indicator



Figuur 4/14.22-3: Componenten-opstelling.

RECHTS	**anodes naar punt C**	
katodes	**naar punt op print**	
1/2/3/4	2/4/6/8	(groen)
5/6/7	10/12/14	(geel)
8/9/10	16/18/20	(rood)
LINKS	**anodes naar punt D**	
katodes	**naar punt op print**	
11/12/13/14	1/3/5/7	(groen)
15/16/17	9/11/13	(geel)
18/19/20	15/17/19	(rood)

Tabel 4/14.22-2: De verbinding tussen de katodes van de LED's en de print.

verseelmeter de weerstand tussen de massa van de versterker en beide luidsprekerdraden te meten. De "koude" moet exact 0 Ω op het meter-display zetten.

De noodzakelijke voedingspanning van +9 V kan in de meeste gevallen uit de voeding van de versterker worden betrokken. Desnoods schakelt men een 9 V stabilisator in (koelen!) die men in serie tussen de voeding en de print opneemt. Batterij-voeding is alleen maar aan te bevelen als men de schakeling door middel van een drukknopje maar af en toe inschakelt. De LED's nemen namelijk heel wat stroom op.

Onderdelenlijst

Weestanden, 1/4 W:
R1, R2 = 10 kΩ
R3, R5 = 390 Ω
R4, R6 = 2,7 kΩ
R_{Xl}, R_{Xr} zie tekst

Condensator:
C1 = 2,2 μF, 16 V elco

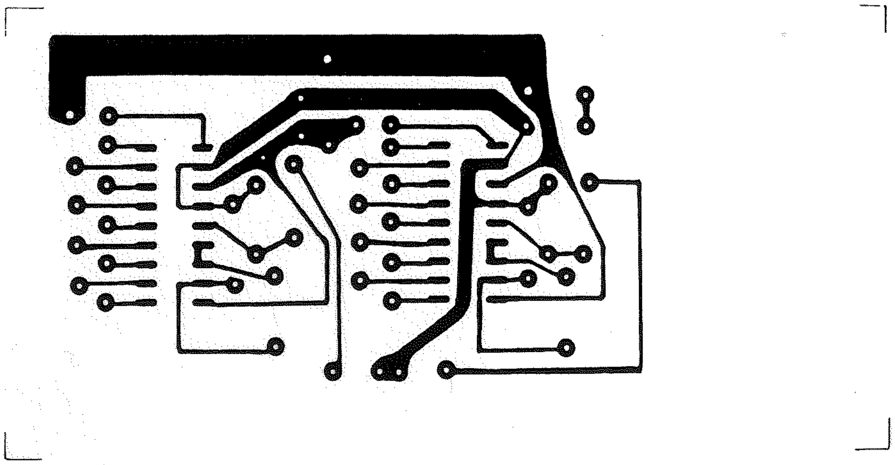
Geïntegreerde schakelingen:
IC1, IC2 = LM 3915 (NS)

Diversen:
2 x IC-voetje, 16-pens
20 x LED naar keuze
30 x printsoldeerlipje
1 x plaatje fotogevoelige print, 120 x 60 mm²

Belangrijke opmerking

Beide kanalen van de meter hebben een gemeenschappelijk punt, de massa. In de meeste gevallen zal men zo'n gemeenschappelijke massa ook aantreffen bij de luidspreker-uitgangen van een stereo-versterker.
Er zijn versterkers op de markt waarbij de luidsprekers zijn opgenomen tussen de twee uitgangen van een geïntegreerde stereo-vermogenversterker. Met deze zogenaamde brugschakeling is het mogelijk het uitgangsvermogen te verviervoudigen. Het is absoluut verboden de in dit hoofdstuk beschreven LED-meter aan te sluiten op een versterker met brug-uitgangstrappen. Deze hebben namelijk geen gemeenschappelijk massa-punt aan de luidspreker-uitgangen en verbinden van de schakeling met zo'n apparaat leidt zonder enige twijfel tot beschadiging van de eind-IC's.
Zoals reeds gezegd kan men met een Ω-meter vaststellen of er al dan niet sprake is van een gemeenschappelijke massa.

14.22 Universele laagfrequent LED-indicator



Figuur 4/14.22-2: De print voor de schakeling

4/14.23

Elektronische regeling van centrale verwarming

Inleiding

Centrale verwarmingssystemen zijn voor de electronicus dankbare objecten om over na te denken. Na het overwinnen van een aanvankelijke aarzeling kan men, als men zich in deze installaties verdiept, al snel de zwakke punten hiervan aanwijzen. Vooral oudere systemen zijn bepaald niet optimaal te noemen.

Aangezien verbetering van zwakke plekken al snel leidt tot aanzienlijke energiebesparingen en energie tegenwoordig flink in de portemonnee tast, kan men al snel gedane investeringen terug verdienen. Dat U daarnaast ook nog het een en ander leert is meegenomen. Dit hoofdstuk probeert naast het geven van een aantal schakelingen ook een aanzet te geven om eens over de hele problematiek van regeling van centrale verwarming na te denken en ook uw eigen inventiviteit te gebruiken om de voorkomende problemen te lijf te gaan. Daarbij kunt u naast puur energiebesparende maatregelen ook denken aan maatregelen die het comfort of de bedrijfszekerheid van de cv-installatie betreffen.

Dat energiebesparing en comfort niet altijd tegenstrijdige grootheden zijn kunt u zien aan een aantal voorbeeldschakelingen, die in het kader van deze bijdrage uitgebreid zullen worden beschreven. Enkele van deze schakelingen leveren een verlaging van het energiegebruik op bij een verhoging van het comfort. Niet alle onderdelen worden in deze aanvulling behandelt. Enkele bewaren we voor een volgende aanvulling.

Onderverdeling van de onderwerpen.

Aangezien het gehele artikel nogal uitgebreid is, is ter wille van de leesbaarheid gekozen voor een onderverdeling in vijf onderwerpen.

In het eerste deel wordt een kamerthermostaatregeling beschreven, waarin op de relais voor de brander en de nachtomschakeling na geen mechanische onderdelen voorkomen. Door een relatief uitgebreid electronisch regelcircuit is het mogelijk de meeste nadelen van mechanische thermostaten te elimineren. De schakeling heeft een ongekend kleine schakelhysteresis. Terwijl deze schakeling uitvoerig in het eerste deel aan de orde komt gaan we in het tweede deel in op uitbreiding van deze thermostaat met een schakelklok en weersafhankelijke nachttemperatuursverlaging. Met de schakelklok worden de dag- en nachttijden van de cv-installa-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

tie vastgelegd, zodat deze volautomatisch kan werken. De weersafhankelijke instelling van de nachttemperatuur maakt het mogelijk rekening te houden met de buitentemperatuur om 's nachts een optimale werking van de cv-installatie en daarmee een zo laag mogelijk energieverbruik te verkrijgen.

Met deze aanpassingen aan uw cv-installatie werkt deze automatisch en is na een zorgvuldige afregeling manueel ingrijpen nog zelden noodzakelijk. Het ontwerp van deze schakeling dient dus naast energiebesparing ook een groter comfort.
In het derde deel komt een verschilthermostaat aan de orde, die overal kan worden toegepast waar het verschil tussen twee gemeten watertemperaturen het al dan niet inschakelen van pompen bepaalt. Met deze thermostaat kan de watercirculatie van een cv-installatie zo worden geregeld, dat het rendement van de warmteafgifte van de ketel optimaal zal zijn. De thermostaat werkt relatief, dus onafhankelijk van de absolute temperatuur. Een tweede toepassing voor deze thermostaat vindt men in verwarmingsinstallaties met zonnecollectoren of andere secondaire energiebronnen, aangezien het gebruik van deze secondaire energiebronnen alleen zinvol is als de watertemperatuur hiervan hoger is als die in het primaire watercircuit van de installatie.

In het vierde deel komen de talentvolle electromechanische technici aan hun trekken. In dit deel bespreken we het ombouwen van een Vaillant thermostaatventiel in een electronisch te sturen klep. Met de klep die we hiermee gemaakt hebben zijn talloze regelingen te bedenken, waarbij we individuele radiatoren kunnen regelen. De benodigde stuurelectronica wordt ook uitvoerig beschreven. Na ombouw van de thermostaat werkt deze overdag als een normaal thermostaatventiel, terwijl hij 's nachts onafhankelijk van de omgevingstemperatuur door de besturingselectronica wordt bediend.

In deel 5 komt een onderwerp aan de orde, dat minder met energiebesparing te doen heeft, dan wel met veiligheid. Bij de meeste cv-installaties moet de waterpomp altijd werken, als de brander werkt. Wat gebeurt er als de pomp niet zou draaien. De brander verwarmt dan met zijn vermogen van verschillende kilowatts de kleine hoeveelheid water in het ketelblok zelf. De ketelthermostaat zal weliswaar de brander uitschakelen als het water te heet wordt, doch er is dan reeds een flinke hoeveelheid warmte opgeslagen in het metaal van het ketelblok. Deze warmte zal aan het toch al oververhitte water worden afgestaan. Ondanks de aanwezigheid van veiligheidsthermostaat en overdrukventiel kan onherstelbare schade aan de ketel ontstaan. Een extra beveiliging is dus geen overbodigheid. Een kleine relatief eenvoudige controleschakeling controleert de juiste werking van de pomp. Zowel kortsluiting als onderbreking van de motor wordt gedetecteerd. Bij optreden hiervan voorkomt een relaiscontact in de branderklepstroomtoevoer, dat de ketel gaat verwarmen.

Alles bij elkaar is er dus voor elke electronica hobbyist wel iets te vinden dat interessant is. Het zal duidelijk zijn, dat in dit bestek niet op alle energiebe-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

sparende maatregelen kan worden ingegaan. Evenmin kunnen we garanderen, dat de voorbeeldschakelingen op alle keteltypes zullen werken, daar de veelheid van ketels en zelfs de karakteristieken van een soort ketel van een bepaalde fabrikant niet allen compatibel zijn. Maar met wat meten en eigen inventiviteit zullen de juiste aanpassingen wel te vinden zijn. De bedoeling ligt in deze bijdrage op het stimuleren van deze inventiviteit, waarbij de te realiseren besparingen een stimulans zijn en bovendien een argument dat gebruikt kan worden om de kritiek te weerleggen, dat electronica alleen maar een geldverslindende hobby zou zijn.

Verschillen in cv-installaties

Bij de cv-installaties met een centrale thermostaat kunnen 2 soorten worden onderscheiden. Cv-installaties met een kamerthermostaat en cv-installaties, met een combinatie van kamer en buitenthermostaat. De laatste thermostaten zijn te prefereren, daar hier middels een gevoelige regeling de verwarming wordt geregeld aan de hand van meerdere parameters, die op de temperatuur van de te verwarmen ruimte van invloed zijn. De verwarming wordt bepaald aan de hand van kamertemperatuur, watertemperatuur en buitentemperatuur. Bij installaties met alleen een kamerthermostaat wordt de verwarming voornamelijk geregeld door het temperatuursverlies van de kamer, waarin zich de thermostaat bevindt. Dat wil zeggen, dat de buitentemperatuur wel een rol speelt, maar via een grote omweg. Het verschil tussen de buitentemperatuur en de binnentemperatuur bepaalt immers de afkoeling (= temperatuursverlies). Aangezien de temperatuursschommelingen buiten veel grotere waarden aannemen als binnen, spelen de toleranties van de componenten waarmee de buitentemperatuur wordt gemeten slechts een ondergeschikte rol. Een tolerantie van +/−1°C heeft bij een temperatuursverschil van 50°C lang niet zo'n invloed als bij de ca. 6°C, die we binnen kunnen verwachten. Een tweede voordeel van de buitentemperatuur geregelde cv-installatie is, dat door het veel grotere temperatuursverschil een veel nauwkeuriger regeling is te realiseren, daar de beslissing de brander al dan niet aan te sturen door meer faktoren wordt bepaald. Het gevolg is, dat de grootste besparingen kunnen worden bereikt bij een installatie die (tot nu toe) wordt geregeld door een kamerthermostaat.

Alle voorbeeldschakelingen zijn met standaard componenten gebouwd, dit verhoogt de kans op succesvol nabouwen, zonder dat de kwaliteit in gevaar komt.

De elektronische kamerthermostaat

Bij een cv-installatie met een kamerthermostaat wordt de behoefte aan warmte gemeten met een thermostaat, die een ingestelde (gewenste) waarde vergelijkt met een werkelijke (gemeten) waarde. Is de gemeten waarde lager dan de gewenste waarde dan zal de ketel een signaal krijgen de branderklep te openen, waardoor het water in de cv-installatie wordt verwarmd. Via de in de kamer aanwezige radiatoren wordt de kamer verwarmd. Dit gaat door, totdat de kamerthermostaat constateert, dat de gemeten waarde de gewenste waarde overschrijdt. Er volgt een terugmelding aan de ketel, die

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

hierop de brander uitschakelt. Aangezien de behoefte aan warmte alleen afhangt van de kamer waarin de kamerthermostaat zich bevindt, zullen alle andere ruimten waarin een radiator open staat worden meeverwarmd. Of dit gewenst of noodzakelijk is speelt daarbij geen enkele rol.

Daarnaast betekent het gebruik van een enkele kamerthermostaat ook nog, dat bij onvolkomenheden van deze kamerthermostaat de gehele cv-installatie oneconomisch werkt. Een relatief klein goedkoop regelelement kan op deze wijze onder bepaalde omstandigheden de oorzaak zijn, dat het energieverbruik van de totale cv-installatie wel 30% hoger is dan voor een comfortabele verwarming noodzakelijk zou zijn.

Maar zelfs als de kamerthermostaat gezien wat men ervan mag verwachten goed werkt, zijn er nog de nodige verbeteringen aan te brengen, die aanzienlijke besparingen kunnen opleveren. De onvolkomenheden zijn deels te wijten aan het feit, dat de ingestelde en de werkelijke temperatuur op een mechanische wijze met elkaar worden vergeleken. Meestal wordt een opgerold bimetaal gebruikt, waarop een kwikbuisje is gemonteerd. De druppel kwik rolt bij een bepaalde stand van het bimetaal tussen twee contacten, waardoor de ketel aanslaat. Zulke mechanische regelaars zijn uiterst onnauwkeurig. Zij zijn traag en gevoelig voor stof. Vanwege het feit, dat zij de kamertemperatuur moeten meten zijn zij niet afgesloten.

Al met al moeten we dus vaststellen, dat met de gebruikelijke mechanische kamerthermostaten nauwkeurige temperatuursmetingen niet mogelijk zijn, waaruit volgt, dat het niet mogelijk is nauwkeurige in- en uitschakelmomenten voor de ketel te verkrijgen, die bovendien zeer reproduceerbaar zijn. Zelfs bij een goed afgeregelde thermostaat is er een hysterese tussen in- en uit- schakelpunt van +/−1°C. Dat lijkt weliswaar niet zoveel, maar bij een dag/nacht regelbereik van ca. 6°C is dit een vrij forse afwijking. Bij de electronische kamerthermostaat is deze afwijking bij een goede instelling nog maar 0,1°C.

Een tweede probleem treedt op bij het instellen van de gewenste temperatuur, vooral bij grote sprongen hierin, zoals bij dag- en nacht- stand. Deze plotselinge temperatuursprong zal door een mechanische kamerthermostaat met een uiterst trage reactie beantwoord worden. Aangezien bij overgang van nacht- naar dag- stand niet alleen de lucht van de ruimte waarin de kamerthermostaat zich bevindt verwarmd moet worden, maar ook de wanden en de radiatoren, kan het soms wel uren duren voordat er een nieuw thermisch evenwicht is gevonden. Het zou niet verstandig zijn onder deze omstandigheden de ketel uit te schakelen op het moment, dat de kamerthermostaat de ingestelde temperatuur bereikt. Op dat moment is er namelijk zeker nog geen nieuwe thermische evenwichtssituatie bereikt. Immers al schakelt u de ketel uit dan zal de energie die is opgeslagen in het ketelblok en het in de cv-installatie aanwezige water doorgaan de ruimte waarin de kamerthermostaat zich bevindt te verwarmen. Hoe verder de ruimte in de nacht is afgekoeld, hoe groter de 'overshoot' (= het bereiken van een temperatuur hoger dan de ge-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

wenste) zal zijn. Aangezien de ruimte hierdoor eigenlijk te warm wordt, duurt het langer voordat de ketel weer opnieuw aangaat. Voor de ruimte waarin de kamerthermostaat zich bevindt is dit nog niet zo erg (lees oncomfortabel). Als echter ook andere ruimtes verwarmd moeten worden is het effect daarop nogal grote temperatuursschommelingen, wat doorgaans als onplezierig wordt ervaren. Deze sterke temperatuursverschillen worden in de loop van enkele uren minder. Dan is een nieuwe thermische evenwichtstoestand bereikt, waarbij de temperatuursschommelingen voornamelijk nog afhangen van de hysteresis van de kamerthermostaat.

De ideale 'brandkarakteristiek' van een cv-ketel is een rechte lijn. Iedere afwijking naar boven of naar onder kost dus energie. Iedere 'overshoot' is verloren warmte. De te sterke afkoeling voordat de ketel opnieuw aangaat maakt het nodig, dat bij de volgende cyclus de ketel langer moet branden om het verlies weer goed te maken. Eigenlijk moet de kamerthermostaat de ketel uitschakelen voordat de ingestelde temperatuur is bereikt, zodat de in de ketel en het water opgeslagen energie ten volle wordt benut voor het laatste 'stukje'. Ook de fabrikanten van de mechanische kamerthermostaten hebben bovenstaand probleem onderkent en er een oplossing voor gezocht. Onder het bimetaaltje zit een weerstand, waar stroom door gaat lopen als de ketel aangaat. Daardoor wordt de weerstand warm. De kamerthermostaat zal door deze extra warmte de ingestelde temperatuur meten voordat de ruimte deze daadwerkelijk bereikt. Echter het effect hiervan is afhankelijk van de aanpassing van de gebruikte kamerthermostaat aan de ketel. Deze aanspassing wordt meestal gedaan met een hendeltje in de thermostaat, waarmee de weerstand dichterbij of verder van het bimetaal wordt bewogen. Als we daarbij nog bedenken, dat we eigenlijk overdag bij een reeds opgewarmde ruimte een andere voorverwarming nodig hebben dan bij het overgaan van nacht- naar dag- stand, dan zal het duidelijk zijn, dat deze mechanische instelling verre van ideaal is. Bij het plaatsen van een nieuwe ketel in mijn huis heeft de installateur geen blik geworpen op de thermostaat. Bij nameten bleek mij, dat bij de nieuwe ketel een spanning van 24V over de weerstand stond. Bij de oude ketel was dit 20V. Voor zover we de wet van Ohm serieus nemen, zal dit een grotere stroom door de weerstand betekenen en daarmee een groter vermogen: dus meer warmte. De 'overshoot' was daarmee ontregeld. Had ik zelf geen maatregelen genomen, dan had de nieuwe (hoog-rendements) ketel zeker een slechter comfort tot gevolg gehad. Het feit, dat maar een instelling mogelijk is, is een van de voornaamste redenen van het niet economisch werken van de kamerthermostaat. U ziet het dilemma van de fabrikanten van mechanische kamerthermostaten.

Ziet u hen al een mechanische kamerthermostaat maken met meerdere voorverwarmingsstanden?

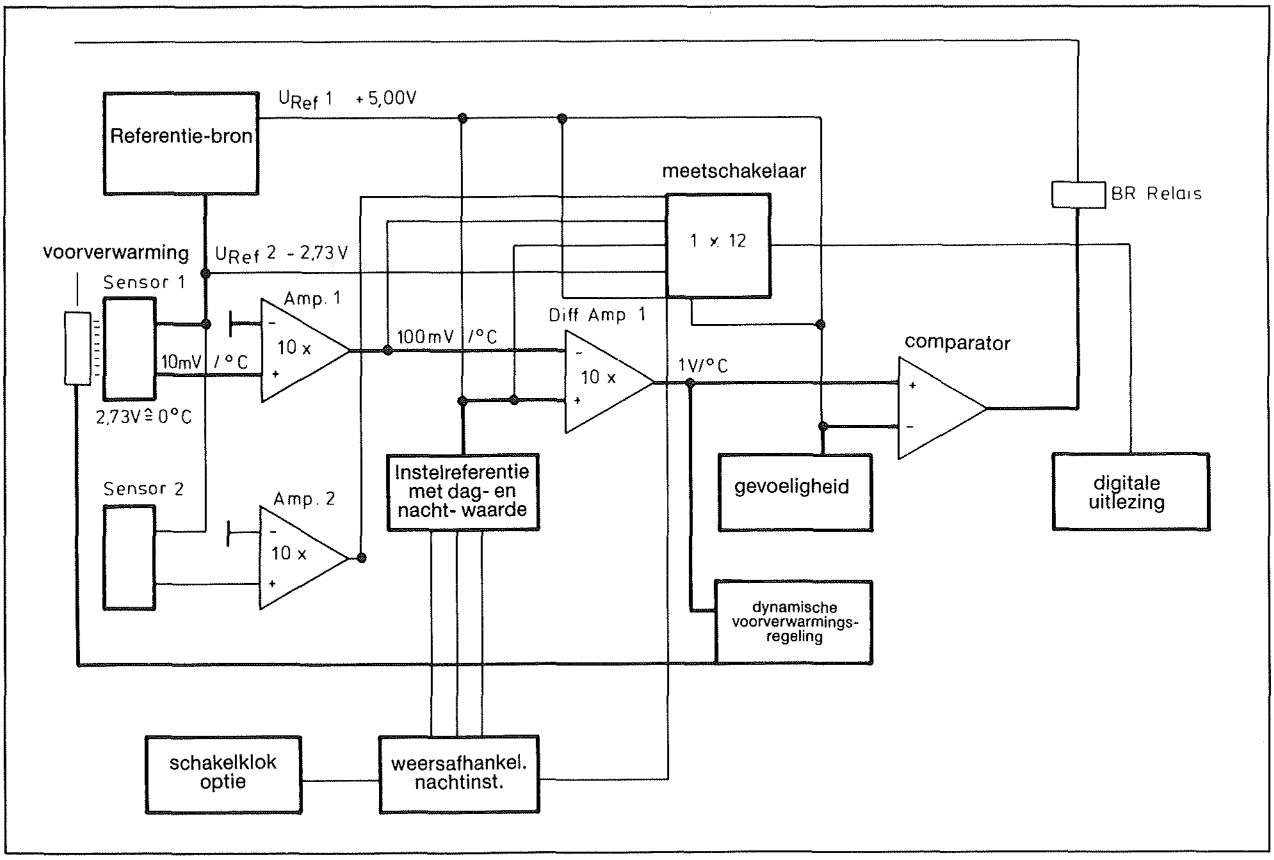
Elektronisch is deze opgave in het geheel niet zo moeilijk, daar alle van belang zijnde parameters bekent zijn. Nl. de ingestelde temperatuur en de huidige gemeten temperatuur. Daardoor

kan een voorverwarming worden gerealiseerd, die afhangt van het temperatuursverschil. Daarmee is 'overshoot' bij een goede afregeling nagenoeg te voorkomen.

Een verdere verbetering is de vervanging van de temperatuursensor zelf (het bimetaal) door een electronische thermometer. Afgezien van het feit, dat men de grotere nauwkeurigheid nodig heeft voor het beter regelen, is het ook nog mogelijk een digitale uitlezing te geven. Daar een digitale uitlezing niet alleen in aanschaf duurder is als een analoge, maar ook meer stroom nodig heeft, is het display multi-functioneel uitgerust, d.w.z. dat met een 12-standenschakelaar niet alleen de voor de cv-installatie noodzakelijke temperaturen kunnen worden afgelezen, maar ook nog een aantal meetwaarden, waarmee men de goede functionering van de installatie kan controleren. Daarmee kan men vanaf de thermostaat voortdurende de installatie controleren, zonder ergens te moeten gaan meten.

De schakeling met functiebeschrijving

Dat bovenbeschreven functies niet zomaar met een supereenvoudig schakelingetje zijn te verwezenlijken had u natuurlijk al kunnen vermoeden. Laat u echter niet afschrikken door het blokschema. Om een beter overzicht te krijgen zijn hierin de eigenlijke signaalvoerende lijnen vet getekend. De gebruikte



Figuur 4/14.23-1: Blokschema.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

temperatuursensoren zijn temperatuursafhankelijke zenerdiodes van het type LM 335 Z. Het theoretische nulpunt van deze zeners ligt bij 0° Kelvin. Vanaf het theoretische nulpunt verandert de zenerspanning met 10mV/° K, zodat de zenerspanning bij 0°C op 2,73 V ligt. Het werkelijke temperatuurbereik van de zeners ligt tussen −10°C en 100°C. Dit bereik is voor onze toepassing meer dan voldoende.

De temperatuursafhankelijke spanningsverandering van 10mV/° K is bij lange na niet genoeg om de branderklep van een cv-installatie te bedienen. Daarnaast kunnen er nog offset- of bromspanningen op de signalen van de sensor zitten. Ook verandert de temperatuur in een ruimte relatief langzaam, waardoor oscillaties in het regelcircuit op zouden kunnen treden. Het ligt dus voor de hand, dat we eerst het sensorsignaal een aantal voorbewerkingen laten ondergaan om deze problemen kwijt te raken. Voor het signaal te versterken passen we eerst een nulpuntscorrectie toe. Dat wil zeggen, dat we de spanning van de sensor gaan refereren aan een negatieve referentie spanning van 2,73 V. Het gevolg hiervan zal zijn, dat voor de rest van de schakeling een spanning van 0V betekent 0°C. Samen met meetversterker 1 zorgt deze nulpuntscorrectie ervoor, dat aan de uitgang van de meetversterker een temperatuursafhankelijk signaal aanwezig is, waarvan de waarde met 100 mV/° C verandert.

Dientengevolge zal een kamertemperatuur van 20°C een spanning opleveren van +2,00V. Dit signaal wordt toegevoerd aan de inverterende ingang van verschilversterker 1. Aan de niet inverterende ingang van deze verschilversterker is een referentiespanning aanwezig, die overeenkomt met de dag- c.q. nacht-instelling van de kamerthermostaat. Ook voor deze referentiespanningen zijn de weerstandswaarden van de spanningsdelers zo gekozen, dat ook hier 100mV overeenkomt met 1°C.

Het hart van de schakeling wordt gevormd door de verschilversterker. Hierin wordt de gemeten temperatuur vergeleken met de ingestelde temperatuur. Aangezien de versterkingsfactor van verschilversterker 1 10 is, evenals die van versterker 1, is de totale versterking 100. Dit levert aan de uitgang van de verschilversterker een steilheid op van 1V/°C. Bij een ingestelde temperatuur van 21°C en een gemeten temperatuur van 20°C bedraagt de spanning op de uitgang van de verschilversterker dus +1V. Bij een ingestelde temperatuur van 20°C en een gemeten temperatuur van 19°C zal deze uitgangsspanning dus −1V bedragen. Hiermee kan dus eenduidig worden vastgesteld, of de ruimte waarin de kamerthermostaat zich bevindt te warm, te koud of precies op de juiste temperatuur is. De waarde moet echter nog door een schakelelement worden ge-evalueerd om ook de juiste actie te kunnen ondernemen. Dit wordt gedaan in de comparator, die verschillen van enkele millivolts op zijn ingangen omzet in spanningen van +15V of −15V op zijn uitgang. Deze uitgang stuurt een relais, dat op zijn beurt weer de ketelbrander in werking stelt. (Zoals het contact van de oude mechanische kamerthermostaat placht te doen). De schakelflanken aan de uitgang van de comparator zijn zo steil,

dat er geen risico bestaat, dat het relais zou gaan klapperen. Zoals een blik op het blokschema u zal tonen, is hiermee nog niet de gehele schakeling besproken.

De temperatuur van sensor 1 wordt beïnvloed door de voorverwarming en is daarmee niet te gebruiken als sensor voor de aanduiding van de kamerthermometer, daar op geen enkel moment te zeggen is wat de invloed van de voorverwarming is en dus ook niet wat de echte kamertemperatuur is. Daarom is er een tweede niet voorverwarmde sensor in de schakeling opgenomen, die gebruikt wordt voor de echte temperatuurmeting in de ruimte. Ook deze sensor is evenals sensor 1 van voorspanning voorzien, voor de nulpuntscorrectie. Via de meetschakelaar wordt de 10 maal versterkte sensorspanning aan de digitale uitlezing aangeboden, die dan de werkelijke (gemeten) kamertemperatuur aangeeft.

De uitgangsspanning van de verschilversterker wordt behalve voor de sturing van de comparator ook gebruikt voor de voeding van de voorverwarming. Aangezien de weerstandswaarde van deze voorverwarming constant blijft, behoudens de in dit geval verwaarloosbare verandering tengevolge van de temperatuurscoëfficiënt (dit laatste voor de Pietjes Precies), zal bij verandering van de spanning ook de stroom door de voorverwarming veranderen en daarmee het hierdoor opgenomen en in warmte omgezette vermogen. Aangezien de grootte van de spanning aan de uitgang van de verschilversterker lineair afhankelijk is van het verschil tussen de gemeten temperatuur en de ingestelde temperatuur is hiermede de eerder besproken gewenste instelling van de voorverwarming gerealiseerd. Aan de tijdklok en de buitentemperatuur afhankelijke nachtinstelling wordt in een der volgende aanvullingen afzonderlijke hoofdstukken gewijd.

Netvoeding en referentiespanning

Na het bouwen van het eerste prototype kwam al snel naar voren, dat er aan de netvoeding de nodige aandacht besteed diende te worden. Er trad onderlinge beïnvloeding op van delen van de schakeling, die niets met elkaar van doen hadden en die op geen enkele manier logisch te verklaren waren. De branderklep van de c.v.-ketel zal tamelijk snel de geest geven, als hij met een lage frequentie gaat flapperen. Wat was er gebeurd?

In de gebruikte digitale paneelmeter kwam een analoog-digitaal converter voor. De klokpulsen van deze AD-converter kwamen via de aarde op de sensoren terecht. Bij schakelfrequenties van 4 Hz. helpen geen ontkoppel condensatoren meer. Er moest dus een minder conventionele oplossing gezocht worden. Een andere wezenlijke stoorfactor was de zelfinductiespanning die bij het bekrachtigen van het relais optrad en die eveneens op de sensoren terugwerkte. Dit alles leidde tot fouten in de meetwaarden, waardoor de gehele schakeling nogal onbetrouwbaar werd. Dit alles leidde tot de ontwikkeling van de voeding waarvan u in fig. 4/14.23-2 het schema ziet. Deze voeding verdient de aandacht, omdat zij een uitstekende kwaliteit koppelt aan een zeer goede prijs/prestatieverhouding.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Beschrijving van de schakeling

Bij de verdere verwerking van het sensorsignaal speelt de referentiespanning een belangrijke rol. Ten eerste moet de referentiespanning natuurlijk zeer constant zijn en ten tweede moet er een goede onderdrukking van stoorspanning en ruis zijn, om de bovenbeschreven problemen te voorkomen.

De referentiespanning moet dus aan tamelijk zware criteria voldoen, zonder echter dermate kostbaar te worden, dat de gehele schakeling daardoor oninteressant wordt. Aangezien de temperatuursschommelingen in de ruimte waarin zich de kamerthermostaat bevindt normalerwijze binnen de perken blijft, was het gebruik van zeer dure referentiebronnen niet nodig. De LM 336 Z is een referentiediode, die het voordeel heeft, dat naast de geringe temperatuursinvloed ook de spanning ervan via een parallelweerstand op exact 2,500 V is af te regelen.

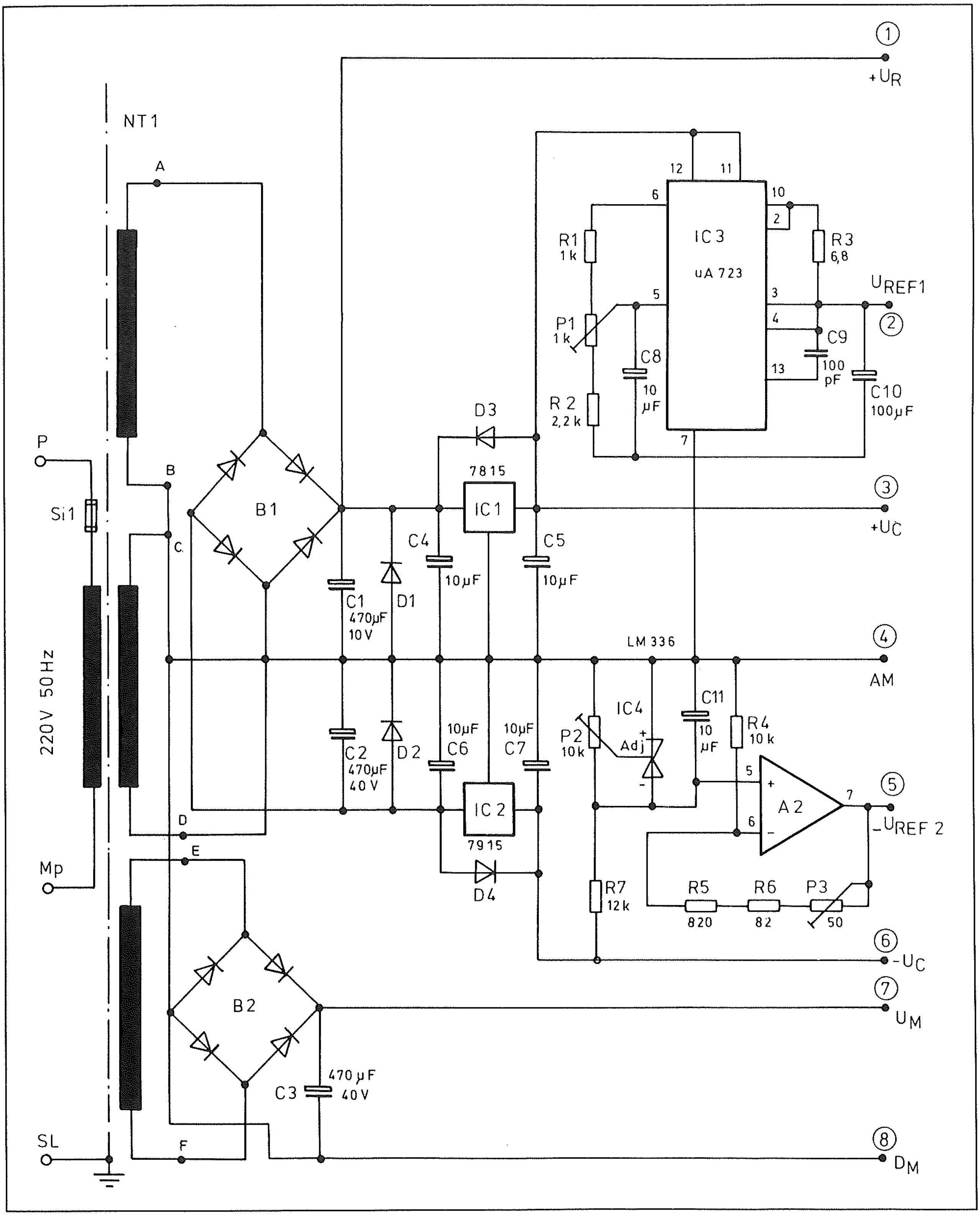
De temperatuurscoëfficiënt van de afregelpot heeft daarbij geen invloed op de thermische stabiliteit. Omdat een negatieve referentiespanning van −2,73V nodig is kan de LM 336 Z niet op de normale manier worden gebruikt. Achter de LM 336 Z (IC4) wordt een nauwkeurige versterker geschakeld, die een regelbare versterkingsfactor heeft tussen de 1,090 en de 1,095. Door voor P3 een schroefinstelpot te nemen met meerdere slagen, kan Uref2 makkelijk en nauwkeurig worden ingesteld. Met behulp van deze spanning worden de aardkant van de sensoren precies op −2,73V gezet, waardoor de resulterende sensorspanningen ten opzichte van aarde exact 0V opleveren bij 0°C.

Het belang van de nauwkeurigheid van de referentiespanning komt onmiddellijk naar voren als u zich bedenkt, dat een afwijking van de referentiespanning Uref2 van 10mV reeds een fout tussen ingestelde en gemeten temperatuur oplevert van 1°C, waarmee deze schakeling niet beter zou zijn dan de mechanische kamerthermostaten. Laten we nu eens kijken naar URef1.

Deze refentiespanning is afkomstig van de schakeling rondom IC3 en wordt gebruikt voor de voeding van de stroombronnen IC6 en IC8 in de kamerthermostaatschakeling (zie fig. 4/14.23-3). Aangezien de eisen hier wat minder stringent zijn, kan worden voldaan met een conventionale spanningsregeling met behulp van een uA 723. In principe had ook een 7805 gebruikt kunnen worden, maar de schakeling met de uA 723 geeft een betere bromonderdrukking. (ca. 84dB tegen 70dB van een 7805). Omdat al eerder is besproken, dat de voeding van een hoge kwaliteit dient te zijn werd voor de uA 723 gekozen.

De beide referentiespanningen Uref1 en Uref2 worden niet op de voedingsprint opgewekt, maar zijn zo dicht mogelijk bij de verbruikers (de versterkers) op de kamerthermostaatprint aangebracht. Ook dit is weer een maatregel om het oppikken van brom op lange leidingen te voorkomen. De eigenlijke voeding zelf is op de voedingsprint ondergebracht. Hierop zijn de voedingen te vinden voor de IC's, maar ook voor de digitale uitlezing. Er wordt dan ook een transformator gebruikt, die niet alleen twee 15V wikkelingen heeft voor de + en − UC, maar ook nog een extra wikkeling voor de voeding van de uitlezing.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



Figuur 4/14.23-2: De netvoeding

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Met de bruggelijkrichter B1 en de elco's C1 en C2 wordt de wisselspanning van de transformator gelijkgericht en afgevlakt.
De waarden van de elco's zijn met 470 uF/40V duidelijk overgedimensioneerd. Van elco C1 wordt ook de voeding van het BR- en NA-relais afgenomen. Bij gebruik van de in de componentenlijst opgeven transformator zal deze voedingsspanning ca 20V bedragen. De dioden D1 tot en met D4 zorgen ervoor, dat de eventuele negatieve spanningspulsen die bij het schakelen van de relais ontstaan door de zelfinductie van de relaisspoelen via de spanningsregelaars IC1 en IC2 wordt onderdrukt. De positieve en negatieve voedingsspanning voor de opamps komt van IC1 en IC2. Deze stabilisatoren behoeven geen verdere beschrijving. Daarmee is de voeding van het analoge deel van de schakeling besproken. De voedingsspanning voor de digitale uitlezing wordt gelijkgericht en afgevlakt met behulp van B2 en C3. De ongestabiliseerde spanning is ca. 10V. Daar er een veelheid van digitale paneelmeters in de handel is, met allen min of meer verschillende voedingsspanningen en niet alle typen overal en altijd evengoed verkrijgbaar zijn hebben we er van afgezien een specifieke paneelmeter uit te zoeken. elke paneelmeter met een meetbereik van 9,99V en een enkelvoudige voeding kan worden gebruikt.

Nog een woordje over de aardaansluiting van de paneelmeter en het analoge circuit. Door de verbinding van deze beide aardes voor de afvlakcondensatoren te maken ontstaat de beste onderdrukking van de klokpulsen van de digitale paneelmeter. De grote afvlakcondensatoren vlakken ook deze pulsen af. De onderdelen plattegrond van de voeding vind u in fig. 4/14.23-5, de print zelf op fig. 4/14.23-9 (deze figuur bevindt zich op de plastic print pagina samen met de andere print-lay-outs!) Het aanbrengen van de onderdelen zal geen problemen opleveren. Voor de bruggelijkrichters moeten mini-Dip type gebruik worden. IC1 en IC2 hebben geen koeling nodig. Het stroomverbruik van de thermostaatschakeling is zeer gering.

De thermostaatprint

De thermostaatprint is een print van 100 x 100 mm. Hierop wordt de eigenlijke vergelijking van ingestelde en gemeten temperatuur gedaan. De thermostaatprint is via een 31-polige connector met de basisprint verbonden, waarop alle schakelaarspunten naar het frontpaneel en de aansluitpunten voor de paneelmeter zijn aangebracht.

De thermostaatprint is het eigenlijke hart van de hele schakeling. Hier worden alle kritische metingen en regelingen uitgevoerd. De temperatuursensors worden via afgeschermde kabel aan deze print verbonden, wederom om het oppikken van storingen tot het uiterste te beperken. Voor de aansluiting zijn een aantal soldeerpennen aangebracht op de bovenkant van de print.

De voeding van de sensors wordt verzorgd door IC6 resp. IC8. Deze stroombronnen (LM 334) leveren een nagenoeg constante stroom aan de belasting (in dit geval de sensors) bij een voedingsspanningsvariatie van 5V tot 30V. Aangezien echter de voeding van deze stroombronnen (URef1) al zeer stabiel

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

is, kunnen we zeker zijn dat de stroom door de sensors ook werkelijk een constante stroom is met zeer geringe afwijkingen.
Met behulp van R8 resp. R9 is deze stroom op ca. 700 uA ingesteld. Deze waarde ligt aan de rand van het technisch haalbare. Met deze zeer geringe stroom wordt echter verwarming van de sensor door zelfdissipatie minimaal gehouden. De schroefinstelpots P4 en P5 dienen voor de ijking van de voorverwarmde en de meetwaarde-sensor. De condensatoren C12 en C13 dienen om de ruisspanning van de sensors te onderdrukken, zodat aan de ingang van A1 een zeer 'schoon' sensorsignaal wordt aangeboden met een functie van 10mV/°C.

Bij A4 gebeurt hetzelfde voor de meetsensorspanning. A1 en A4 zijn instelbare precisieversterkers, waarvan de versterkingsfactor precies 10,0 is, zodat de functie aan de uitgang van deze versterkers 100mV/°C is. De versterkingsfactor kan in zeer geringe mate worden bijgeregeld met behulp van de schroefinstelpots P6 resp. P7. Bij de voorverwarmde sensor zijn de versterkingsbepalende weerstanden R10 tot R12 en P6. Bij de meetsensorversterker zijn dit R13 tot R15 en P7. De waardes van de schroeftrimpots werden bewust zo laag mogelijk gehouden om te zorgen dat er een fijnafregeling mogelijk is, zonder dat de schakeling onnauwkeuriger wordt. De temperatuurscoëfficiënt van een potmeter is namelijk altijd groter dan die van een weerstand.

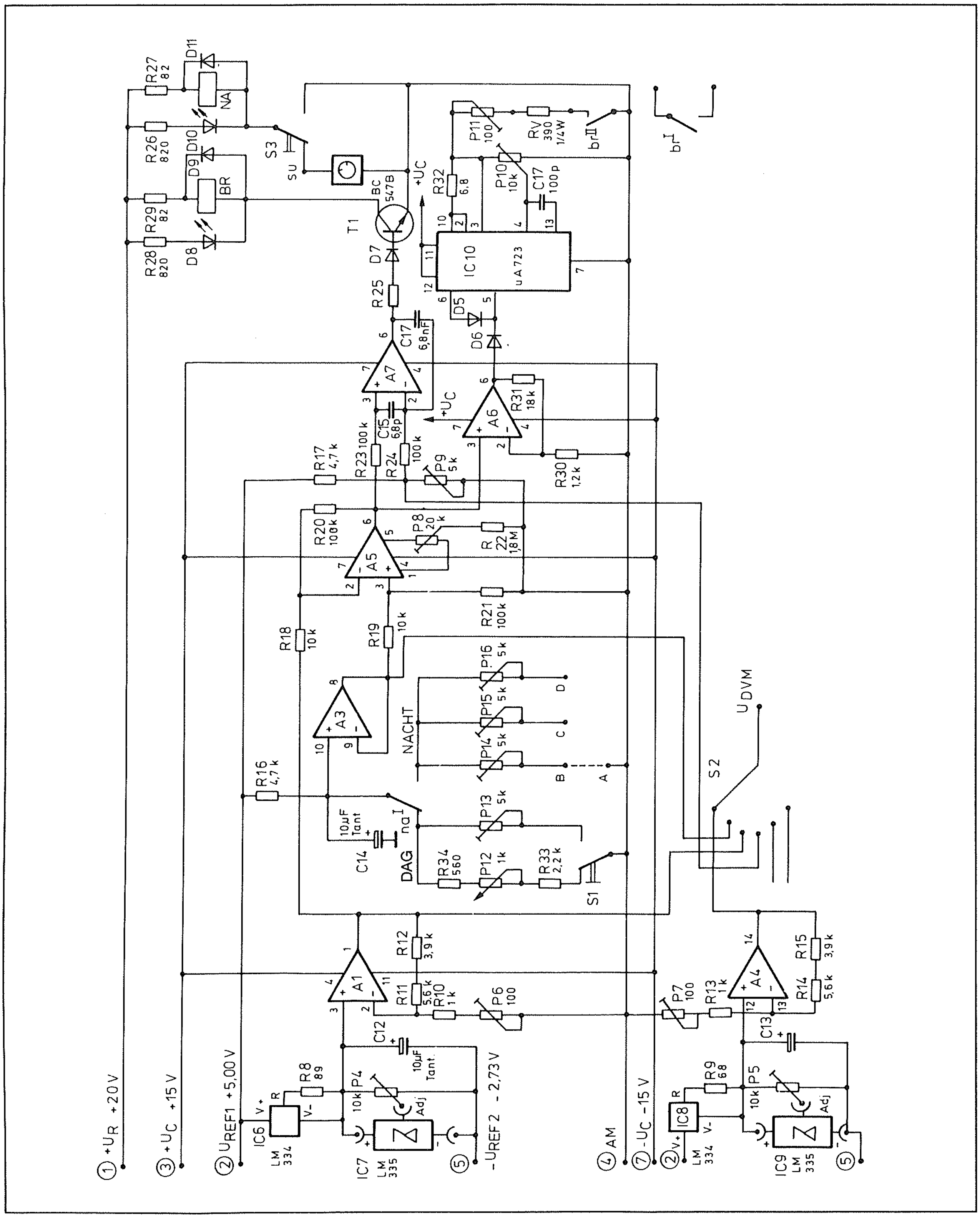
Terwijl het signaal aan de uitgang van A1 nog verder wordt bewerkt, gaat het signaal aan de uitgang van A4 via de meetkeuze-schakelaar rechtstreeks naar de digitale paneelmeter. Het uitgangssignaal van A1 gaat naar de inverterende ingang van opamp A5. A5 is een verschilversterker met een versterkingsfactor die door de keuze van de waardes van R18 tot R21 is ingesteld op de waarde 10. Aan de niet inverterende ingang wordt de ingestelde temperatuurswaarde aangeboden. De waarde daarvan is niet alleen afhankelijk van de potentiometers P12 tot P16, maar ook van de stand van het NA-relaiscontact.

Om een maximale nauwkeurigheid te bereiken bij het vergelijken van de gemeten en de ingestelde temperatuur moeten de versterkingsbepalende weerstanden op waarde worden uitgezocht. Het daarbij bepalende kriterium is, dat de verhouding R18/R20 = R19/R21.

Met schroefpotentiometer P8 wordt de verschilversterker op 0V afgeregeld. Hiertoe worden de ingangen van de verschilversterker *voor* de weerstanden R18 en R19 kortgesloten, waarna pen 6 van de TL 081 op 0 wordt afgeregeld met P8.

Verschilversterker A5 zorgt voor een zeer nauwkeurige vergelijking van de ingestelde waarde aan de niet inverterende ingang met de werkelijke waarde van de voorverwarmde thermostaat aan de inverterende ingang. Daarbij wordt het gemeten verschil nogeens 10x versterkt, zodat de spanningsfunctie op de uitgang van A5 1V/°C is. Aangezien deze spanning een direkte relatie heeft met het temperatuursverschil, wordt ze gebruikt om het branderrelais te bedienen, maar voor de mate van voorver-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



Figuur 4/14.23-3: Schema van de regelschakeling.

warming. Comparator A7 zorgt voor de omzetting van de analoge meetspanning in een aan/uit signaal voor de brander. Door het ontbreken van een terugkoppelweerstand is de gelijkspanningsversterking van deze comparator hoog, terwijl de aanwezigheid van C15 en C16 zorgen voor een relatief lage wisselspanningsversterking. Daarmee wordt klapperen van het branderrelais effectief onderdrukt. Op de uitgang van A7 is bij gewenste warmtetoevoer een spanning aanwezig van +15V; als de gemeten temperatuur hoger is dan de ingestelde temperatuur is deze spanning −15V. Via R25 en D7 wordt transistor T1 gestuurd en wel zodanig, dat de transistor in geleiding gaat als de uitgang van A7 +15V is. We hebben al gezien, dat dat het geval is als er warmte nodig is, waarmee we dus het gewenste resultaat hebben bereikt. Als het branderrelais aanspreekt, zal via contact br II de thermisch met de sensor gekoppelde voorverwarmingsweerstand op de regelspanning worden aangesloten.

Hoeveel warmte er door de voorverwarming wordt geproduceert is rechtstreeks afhankelijk van het verschil tussen de ingestelde en gemeten temperatuur. We hebben eerder gezien, dat de uitgang van A6 een lineaire spanningstemperatuur functie heeft. IC10 was in het eerste prototype van de thermostaatschakeling niet aanwezig. Maar al snel bleek, dat een enkele instelling van de voorverwarming niet voldeed. De opamp A6 heeft een versterking van ca. 16x. Het in een spanning omgezette temperatuursverschil tussen ingestelde en gemeten waarde stuurt pen 5 van IC10 (een ua 723). Op pen 6 van de spanningsregelaar uA 723 is een interne referentiespanning van 7,15V aanwezig. De regelspanning en de referentiespanning worden door de diodes D5 en D6 van elkaar gescheiden, zodat op pen 5 van de 723 hetzij de referentiespanning verminderd met de voorwaartsspanning van D5 (ca 0,7V) is ca 6,5V staat, hetzij de versterkte 'temperatuursverschilspanning' van opamp A6. Met de gehele schakeling rondom A6 en IC10 bereiken we, dat op de uitgang van IC10 (pen 3) tot een temperatuursverschil van 0,5°C een standaard voorverwarming wordt ingesteld. Bij grotere temperatuursverschillen is de spanning afhankelijk van het werkelijke verschil. Hoeveel warmte de voorverwarmingsweerstand daadwerkelijk dissipeert kan met schroefpots P10 (grof) en met P11 (fijn) worden geregeld. Zie ook tabel 3: Metingen t.b.v. de dynamische voorverwarming.

De digitale paneelmeter

Aangezien voor de gehele schakeling nogal wat moeite en geld nodig is (het eerste geeft plezier en het laatste laat zich terugverdienen), is een digitale paneelmeter gekozen. De besparing op het totaal bij gebruik van een analoge meter is niet indrukwekkend en met een digitale paneelmeter ziet het geheel er in ieder geval veel professioneler uit. Of u een drie en half of een vier en half digit paneelmeter gebruikt blijft om het even. De benodigde specificaties zijn:
1) Voor de voeding moet een eenvoudige ongestabiliseerde spanning van ca. 10V voldoende zijn.
2) Het meetbereik moet tot 9,99V lopen.

Wel moet de behuizing zo gekozen wor-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

den, dat de paneelmeter er in past.

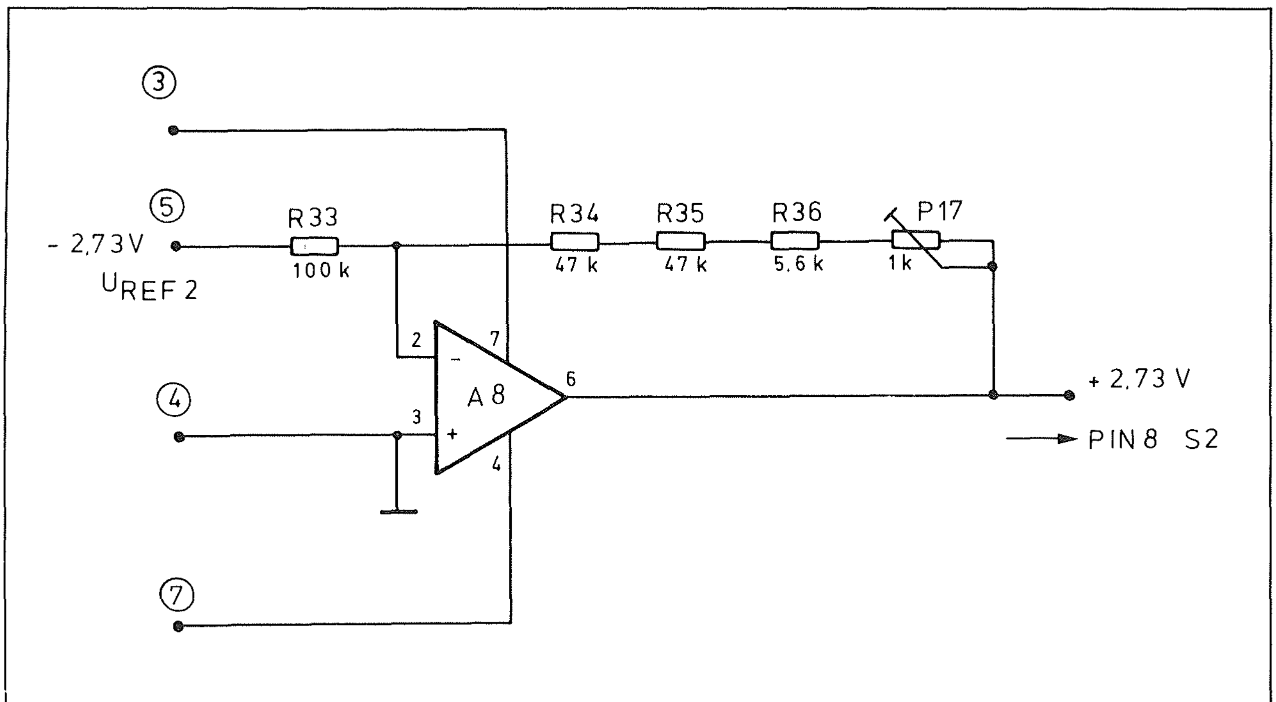
De voeding voor de paneelmeter komt van de aansluitpunten U_M en D_M, terwijl de analoge meetingang aan punt U_{DVM} aan het moeder contact van schakelaar S2 wordt aangesloten. In geen geval mag de aarde van de paneelmeter worden verbonden met aarde AM van de rest van de schakeling! De problemen die dit veroorzaakt zijn niet te overzien, zoals wij uit ervaring kunnen mededelen.

Een ander probleem is het meten van negatieve spanningen. Aangezien Uref2 de enige negatieve spanning is die we willen meten is er een eenvoudige schakeling toegevoegd, die dit probleempje oplost. U vindt deze schakeling in fig. 4/14.23-4. Dit is een inverterende versterker met een klein afregelbereik voor wat betreft de versterking.

De afregeling dient om de versterking precies op een factor 1 te brengen. De ingang wordt verbonden met Uref2, terwijl de uitgang wordt aangesloten op pen 8 van de keuzeschakelaar S2. Bij een spanning van Uref2 van −2,73V zal de paneelmeter nu +2,73V aanwijzen. De versterkingsfactor kan met schroefpot P17 op 1 worden afgeregeld. Het regelbereik bedraagt ca. 1%. De ingangsimpedantie van deze meetschakeling is 100kOhm, zodat Uref2 daardoor niet te veel wordt belast. Wilt u Uref2 kunnen meten, dan kan de schakeling worden opgebouwd op het in fig. 4/14.23-12 afgebeelde printje. In fig. 4/14.23-7 vindt u de opstelling van de componenten.

De basisprint

De basisprint heeft een afmeting van 100 x60 mm. Het belangrijkste onderdeel erop is de 31-polige connector voor



Figuur 4/14.23-4: Meetschakeling voor het meten van Uref2.

de stuurprint. Daarnaast is er nog een 13-polige connector, waarin de eventuele buitentemperatuursafhankelijke nachtinstelprint gestoken kan worden. Verder vinden we op de basisprint de BR- en NA-relais, alsook de potentiometers voor dag- en nachttemperatuur. Door toepassing van een basisprint en een print met de stuurelectronica wordt een optimale bereikbaarheid van de diverse (instel-)componenten bereikt. Ook wordt op deze manier voorkomen, dat er teveel en te smalle printsporen op de print komen, waardoor de reproduceerbaarheid van de print slechter zou worden. In wezen is de basisprint niets anders dan een noodzakelijke verbinding tussen stuurprint en frontpaneel.
Alle belangrijke aansluitingen voor het frontpaneel zijn op de basisprint dan ook met soldeerpennen uitgevoerd. De componentenopstelling van de basisprint vindt u in fig. 4/14.23-8, de printlayout in fig. 4/14.23-11.

Bouwtips

De proefschakeling van de kamerthermostaat werd samen met de netvoeding in een profielbehuizing van het type 116 ondergebracht. dit gaf de schakeling een professioneel uiterlijk. Nadeel van deze behuizing was de noodzakelijke mechanische werkzaamheden om alles, inclusief de prints passend te maken. De maten van alle in de componentenlijst genoemde onderdelen en van de prints zijn afgestemd op het gebruik van zo'n profielbehuizing. In principe kan natuurlijk elke behuizing worden gebruikt.

De temperatuursensors zijn via DIN-bussen aangesloten, die verzonken in de behuizing zijn gemonteerd. Voor de aansluiting van de voorverwarmde sensor moet een 5-polige DIN-bus worden gebruikt, omdat ook de aansluitingen van de voorverwarmingsweerstand Rv moeten worden aangesloten. Beide sensoren moeten zo worden gemaakt, dat een vrij 'contact' met de omgevingslucht mogelijk is, om zeker te zijn van de juiste meetresultaten. Natuurlijk kiezen we voor de sensoren geen plaats in de zon of direct boven of onder een warmtebron. Onder een warmtebron verstaan we naast radiatoren ook (schemer-)lampen, radio, tv e.d.

Componenten aanbrengen op de voedingsprint

Let op de juiste polariteit van de diverse componenten op de netvoeding. De bruggelijkrichter, elco's, diodes en spanningsregelaars geven vaak snel de geest bij verkeerde aansluiting. De beste volgorde bij het aanbrengen van de componenten is: Eerst de draadbruggen, dan de diodes D1 tot en met D4, dan de brugcellen B1 en B2, dan de tantaalelco's C4 tot C7, dan elco's C1 tot C3 en als laatste de spanningsregelaars IC1 en IC2. Aan de punten A tot en met F wordt de voedingstrafo aangesloten. Let op de juiste aansluitingen.
Zekering Si1 beschermd de voedingstrafo tegen overbelasting. De zekering wordt in een schroefhuls aangebracht die ergens op een bereikbare plaats in de behuizing is gemonteerd.
Na het aansluiten van de voedingsprint aan de nettransformator moet men de in de onderdelenplattegrond aangegeven spanningen Ur, +Uc, −Uc en +Um testen. Daarna kan men de paneelmeter aan de punten +Um en Dm aansluiten.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Componenten aanbrengen op de basisprint

Welke onderdelen op de basisprint worden gemonteerd heeft u al eerder kunnen lezen. De draadbrug A-B moet alleen worden aangebracht, als de buitentemperatuursafhankelijke nachttemperatuursprint niet aanwezig is. Op de soldeerpennen +Ur, +Uc, AM en −Uc worden de punten met gelijkluidende aanduiding van de voedingsprint aangesloten. De referentiespanningen zijn voor verdere verwerking of meetdoeleinden eveneens op soldeerpennen aangesloten. De belangrijkste meetpunten zijn op soldeerpennen aangesloten met de aanduiding S2. Aan soldeerpennen S1 wordt de omschakelaar 'dagafschakeling' aangesloten. Soldeerpennen P12 dienen om de daginstellingspotmeter aan te sluiten. Het schakelpunt SU dient voor aansluiting van de later te publiceren schakelklok. Aan S3 wordt de schakelaar 'automatische / manueel' dag/nacht instelling verbonden. Soldeerpennen Rv zijn de voedingspunten van de voorverwarmingsweerstand. Zoals eerder beschreven kunnen deze naar de 5-polige DIN-bus worden gevoerd. En last but not least de schakelpunten BRA en BRB. Hieraan wordt de branderleiding aangesloten. Dat wil zeggen de twee draden die oorspronkelijk van de ketel naar de originele kamerthermostaat gingen. Deze twee aansluitpunten zijn via de relaiscontacten volledig galvanisch gescheiden van kamerthermostaatschakeling.

Componenten aanbrengen op de stuurprint

Bij deze print is het echt oppassen geblazen, dat geen verbindingen worden vergeten en dat de componenten goed worden ingesoldeerd. Begint u weer met de draadbruggen. Zeker de draadbruggen onder de weerstanden R9 en R18. Temperatuursensors IC9 en IC7 worden met afgeschermde leiding aan de soldeerpennen aangesloten. Het verdient aanbeveling voor de 8- rsp. 14-pens IC's voetjes te gebruiken. Mocht er iets fout gaan dan zijn ze makkelijker te vervangen. Bovendien hoeft u niet aan de IC's te solderen, zodat ze niet door een oververhitting de geest kunnen geven. Nadat alle soldeerwerkzaamheden gereed zijn komt het ondankbare werkje om alles nog eens nauwgezet te controleren. Als dat gedaan is kan worden begonnen met het afregelen van de schakeling.

Het afregelen van de kamerthermostaat

Dit is verreweg het belangrijkste werk aan de schakeling. Doet u dit niet zorgvuldig, dan kunnen alle beloofde besparingen van de schakeling teniet worden gedaan. Een aantal afregelingen vereisen geduld en precisie, andere kunnen niet in het algemeen beschreven worden, omdat de erin meespelende parameters extern en verschillend zijn.

Grofweg kan men voor de afregeling van de stuurprint zeggen dat men links onder begint bij P1 en eindigt rechts boven bij P11. De betekenis van elke afregeling is in tabel 1 nader beschreven, zodat u een overzicht heeft, dat bij de afregeling bij de hand kan worden gehouden.
Met P1 wordt de referentiespanning Urefl op precies 5,00V afgeregeld. Controleert u dit met een nauwkeurige DVM op pen 30 van de 31-polige connector.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Met P2 wordt het referentie IC op 2,50V afgeregeld. Meten op pen 5 van opamp 2.
Met P3 Uref2 nauwkeurig afregelen op −2,73V. Meten op pen 28 van de 31-polige connector.
Hiermee zijn de referentiespanningen afgeregeld.

De relatief kostbare temperatuursensors worden deze pas na alle afregelingen aangesloten. Dat is mogelijk, omdat met P4 en P5 de werking van de sensors kan worden gesimuleerd. Hiertoe dient zowel bij P4 als bij P5 de aansluiting van het sleepcontact provisorisch te worden verbonden met de min-aansluiting. Op pen 3 van de opamp A1 is nu een ingangsspanning aanwezig. De waarde van deze spanning is van secundair belang. Als nu op pen 1 van opamp A1 een DVM wordt aangesloten, dan kan met P6 de versterking exact op een factor 10 worden afgeregeld. Hetzelfde principe wordt bij A4 toegepast. Hier regelt u de versterkingsfactor eveneens af op 10, maar nu met P7. Om een een instelwaarde te krijgen wordt bijv. P13 zo ingesteld en aangesloten op A3, dat op de ingang van A3 een spanning aanwezig is. Tussen pen 8 van A3 en pen 1 van A1 wordt nu een provisorische verbinding gelegd. Aan de verschilversterker A5 wordt op deze wijze een verschil van 0V gesimuleerd. Met P8 wordt nu de nulpuntinstelling van de verschilversterker ingesteld. Daarbij dient men te meten aan pen 6 van A5. Nu kunt u de verbinding tussen de ingangsweerstanden van de verschilversterker weer verwijderen. Met P4 wordt de temperatuursensor gesimuleerd en met P13 kan men een instelling simuleren.

Het knooppunt P9/R24 wordt aan aarde gelegd; daarmee is de grootste gevoeligheid van de thermostaatschakeling ingesteld. Aan pen 6 van opamp A7 kan men meten, wanneer het verschil groot genoeg is om het BR-relais te laten aanspreken. De afregeling van de thermostaat is daarmee gereed. De draadbrug aan de daginstelpot P13 kan nu worden verwijderd.

De afregeling van de voorverwarming is aanmerkelijk minder rechtlijnig te beschrijven, daar zij van meerdere niet eenduidige factoren afhangt. Als richtlijn geld, dat bij omschakeling van nacht- op dagtemperatuur een grotere warmtebehoefte aanwezig is als bij gewoon dagbedrijf. Als de warmtecurve van de ketel bekend is, dan kan aan de hand van deze curve worden vastgesteld of er een grote thermische 'overshoot' is of niet. De dynamische voorverwarming moet zo worden afgeregeld, dat een overshoot bij een groot temperatuursverschil nog juist vermeden wordt. Bij normaal dag bedrijf wordt dan de gunstigste instelling bereikt wanneer de brander slechts 20 tot 30 sec. aan is. De inschakelfrequentie ligt tamelijk hoog. Bij het prototype was dit ca. 1 maal per minuut. Bij deze instelling is de thermostaat nog juist in staat de kamertemperatuur vast te houden en een sinusvormig verloop van de temperatuur op een absoluut minimum te houden. Bij de gevoeligste afregeling bedraagt de hysteresis nog slechts 0,07°C.

Ik wil er echter op wijzen, dat het hier om empirisch vastgestelde waarden gaat, die bij een gas-cv ketel gemeten werden. Ook moet men nagaan of de

branderspecificaties van de ketel een dergelijke hoge aan/uitschakelfrequentie toestaan. Als dat niet het geval is moet de gevoeligheid wat minder kritisch worden ingesteld. U bouwt tenslotte geen energiebesparende thermostaat om daarmee de ketel binnen de kortste keren tot de schroothoop te veroordelen. Bij sommige ketels is ook de spoel van de branderklep niet op een hoge inschakelfrequentie berekend.

Afregeling van de temperatuursensors

Voor de uiteindelijke ingebruikname moeten de temperatuurssensoren nog worden geijkt. Aangezien -Uref2 voor een gedefinieerd nulpunt zorgt, kan zowel worden geijkt op een 'bekende' waarde, als op 0°C met de smeltend ijs methode. Van belang is, dat beide sensoren op dezelfde waarde worden geijkt. Daartoe moet natuurlijk de werking van de voorverwarming worden uitgeschakeld. Daartoe stelt u de thermostaatschakeling in op nacht en stelt daarbij een zo laag mogelijke nachtwaarde in, zodat het BR-relais in geen geval inschakelt. Nu kan met P4 resp. P5 de beide sensoren op dezelfde (bekende) waarde worden afgeregeld. (Bekend is bijv. de waarde van een referentiethermometer). Einde van alle afregelingen. Nu nog de bediening.

Gebruiksaanwijzing van de kamerthermostaat

Normaal dagbedrijf
De gewenste temperatuur kan met P12 worden ingesteld tussen 18 en 21,5 graden C. Met de miniatuurschakelaar S1 kan een van te voren ingestelde 'preset' temperatuur worden ingesteld. Dit is interessant, als men overdag de woning voor enkele uren verlaat en de temperatuur dus best wat lager mag zijn, zonder echter af te zakken op de nachttemperatuur, omdat het dan bij thuiskomst te lang duurt voordat de behaaglijke temperatuur weer wordt bereikt. Deze preset moet op ca. 0,5 tot 1 graad lager worden afgesteld als de normale dagtemperatuursinstelling, om al te grote afkoeling te vermijden.

Normaal nachtbedrijf
Met S3 wordt gekozen tussen manuele of automatische (met een klokschakelaar) nachtinstelling. Bij de manuele stand wordt het signaal van de eventueel aanwezige schakelklok genegeerd. In de stand automatisch moet de schakelklok aanwezig zijn. Door het bekrachtigen van relais NA zorgt de schakelklok dan voor het in- c.q. uitschakelen van de nachtinstelling. Als de draadbrug A-B aanwezig is, wordt de nachttemperatuur ingesteld met P14. Bij gebruik van een buitentemperatuursafhankelijke nachtinstelling wordt P14 op bijv. 18°C, P15 op bijv. 17°C en P16 op bijv. 15°C ingesteld.

Deze instellingen kunnen met een DVM worden nagemeten over C14. De spanning kan worden berekend uit de functie 1°C = 100mV. De buitentemperatuursafhankelijke nachtinstelschakeling zorgt voor de keuze uit een der drie instellingen.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Tabel 4/14.23-1: De functies van de instelpots.

P1	Referentiespanning Uref1. Af te regelen op precies 5,00V.
P2	LM 336 Z. Grofinstelling van de referentiespanning -Uref2. Met P2 wordt de spreiding van de LM 336 Z weggewerkt. Op pen 5 van A2 moet een spanning van 2,500V worden ingesteld.
P3	Fijnafregeling van -Uref2. Met P3 wordt -Uref2 afgeregeld op precies -2,73V. Te meten aan pen 7 van A2. Conditie is, dat de boven beschreven instelling met P2 reeds is gedaan.
P4	Ijken van de voorverwarmde sensor. (zonder voorverwarming!)
P5	Ijken van de sensor voor de meting van de werkelijke temperatuur.
P6	Fijnafregeling van de versterkingsfactor van A1. Het regelbereik ligt tussen 9,5 en 10,5 maal.
P7	Fijnafregeling van de versterkingsfactor van A4. Het regelbereik ligt tussen 9,5 en 10,5 maal.
P8	Afregeling van de offset van verschilversterker A5. Draadbrug tussen de R18 en R19 aanbrengen, dan de uitgang met P9 op 0V afregelen. Daarna draadbrug verwijderen.
P9	Gevoeligheid. Met P9 kan de hysteresis van de thermostaat worden afgeregeld tussen ca. 0,1°C en 5°C.
P10	Grofinstelling van de stroom door de voorverwarmingsweerstand.
P11	Fijnafregeling van de dynamische voorverwarming.
P12	Koolstofpotentiometer voor het instellen van de dagtemperatuur. Bij de in het schema aangegeven waarde zal deze regeling kunnen worden ingesteld tussen 18,0°C en 21,5°C.
P13	Dagverlaging voor instellen van een 'afwezigheids' temperatuur. Kan worden ingesteld tussen 0°C en 25°C.
P14	Als geen buitentemperatuursgestuurde nachtinstelling aanwezig is moet hiervoor een koolstofpotentiometer worden gekozen. Met deze potentiometer stelt men de gewenste nachttemperatuur in.
P15	Een der nachttemperaturen, die wordt gekozen door de buitentemperatuurgestuurde nachtinstelling. Bij aanwezigheid van deze schakeling is ook P14 een der keuze temperaturen.
P16	idem P15
P17	Afregeling van de meetversterker op een versterkingsfactor van precies 1,00.

Tabel 4/14.23-2: Aansluitpunten op de 31-polige connector

Pen 1	Voorverwarmingsweerstand Rv
Pen 2	Voorverwarmingsweerstand br-II-contact
Pen 3	Meetpunt t voorverwarmde sensor
Pen 4	Meetpunt gevoeligheid
Pen 5	
Pen 6	
Pen 7	
Pen 8	
Pen 9	
Pen 10	

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Pen 11
Pen 12
Pen 13
Pen 14
Pen 15
Pen 16 Analoge aarde AM
Pen 17 Collector T1 naar BR-relais
Pen 18 idem pen 16
Pen 19 Meetpunt t niet voorverwarmde sensor
Pen 20 LED D4 Anode 'brander aan' indicatie
Pen 21 BR-relais
Pen 22 NA-relais
Pen 23 LED D2 anode 'nachtinstelling aan' indicatie
Pen 24 Werkcontact NA-contact, pen 10 van opamp A3
Pen 25 Voeding -Uc, -15V
Pen 26 Voeding +Uc, +15V
Pen 27 Meetpunt t ingesteld
Pen 28 Uref2 −2,73V
Pen 29 Analoge aarde AM
Pen 30 Uref2 +5,00V
Pen 31 Relaisvoeding +Ur

Tabel 4/14.23-3: Meetprotokol voor de dynamische voorverwarming.

U-aan pen 6,A6	U-uit pen 3,IC10	meetpunt pen 3	pot P10 midden	sleepcont. op AM
−3,0	+6,9	X		
−2,0	+6,9	X		
−1,0	+6,9	X		
+0,1	+6,9	X		
+0,4	+6,9	X		
+0,6	+7,0	X		
+1,0	+8,2	X		
+1,5	+9,6	X		
+2,0	+9,6	X		
+3,0	+9,6	X		
−3,0	12,6		X	
−2,0	12,6		X	
−1,0	12,6		X	
+0,1	12,6		X	
+0,4	12,6		X	
+0,6	12,6		X	
+1,0	13,8		X	
+1,5	14,1		X	
+2,0	14,1		X	
+3,0	14,1		X	

Als de loper van P10 op AM staat is de uitgangsspanning bij alle ingangspanningswaarden 14,1V. Het te dissiperen vermogen voor de voorverwarmingsweerstand kan dan alleen nog maar door de fijninstelling worden beïnvloed.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

De onderdelen:

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	spanningsregelaar	uA 7815	TI
IC2	spanningsregelaar	ua 7915	TI
IC3, IC10	prec. spanningsregelaar	uA 723	TI
IC4	referentie element	LM 336 Z	NS
IC5	quad opamp	TL 084	TI
IC6, IC8	prec. stroombron	LM 334	NS
IC7, IC9	temp. sensoren	LM 335	NS
IC11-IC14	opamp met J-fet inp.	TL081	TI
B1, B2	brugcel (minidip)	B40C100	
T1	transistor	BC 547 B	
D1-D4	diode	1N4001	
D5,6,7,9,11	diode	1N4148	
D8	LED		rood
D10	LED		groen
R1,10,13	weerstand	1k	1/4W, 1%
R2,33	weerstand	2k21/4W, 1%	
R3,32	weerstand	6,8 ohm	1/4W, 5%
R4,18,19	weerstand	10k	1/4W, 1%
R5	weerstand	820 ohm	1/4W, 1%
R6	weerstand	82 ohm	1/4W, 1%
R7	weerstand	12k	1/4W, 1%
R8,9	weerstand	68 ohm	1/4W, 1%
R11,14,36	weerstand	5k6	1/4W, 1%
R16,17,20,21,			1/4W, 1%
R23,24,25,38	weerstand	100k	1/4W, 1%
R35,37	weerstand	47k	1/4W, 1%
R12,15	weerstand	3k9	1/4W, 1%
R22	weerstand	1M8	1/4W, 5%
R26,28	weerstand	820 ohm	1/4W, 5%
R27,29	weerstand	82 ohm	1/4W, 5%
R30	weerstand	1k2	1/4W, 1%
R31	weerstand	18k	1/4W, 1%
R34	weerstand	560 ohm	1/4W, 1%
Rv	weerstand	390 ohm	1/4W, 5%

Opmerking: voor Rv mag in geen geval een weerstand met een andere belastbaarheid worden genomen, daar anders de in de tabel aangegeven waarden van de voorverwarming niet meer kloppen.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

P1,17	instelpot	1k	19mm
P2,4,5,10	instelpot	10k	19mm
P3	instelpot	50 ohm	19mm
P8	instelpot	20k	19mm
P9,13-16	instelpot	5k	19mm
P11,6,7	instelpot	100 ohm	19mm
P12	potentiometer	1k	
C1-3	elco	470uF/40V	
C4-8/C10-14	condensator	10uF/25V	tantaal
C9/17	condensator	100pF	keramisch
C15/16	condensator	6,8nF	keramisch

Overige onderdelen:
Nettransformator:
wikkeling 1: 220V
wikkeling 2: 15V,200mA
wikkeling 3: 15V,200mA
wikkeling 4: 9V,400mA

Paneelmeter: 3,5 digit mini DVM, voeding 9V ongestab., meetbereik tot 9,99V

Relais:
BR-relais: 6V, 2 x wissel, printuitv. Conrad-Electronic
NA-relais: 12V, 1 x wissel, printuitv. Conrod-Electronic

(Conrad-Electronic = De windmolen, Enschede)

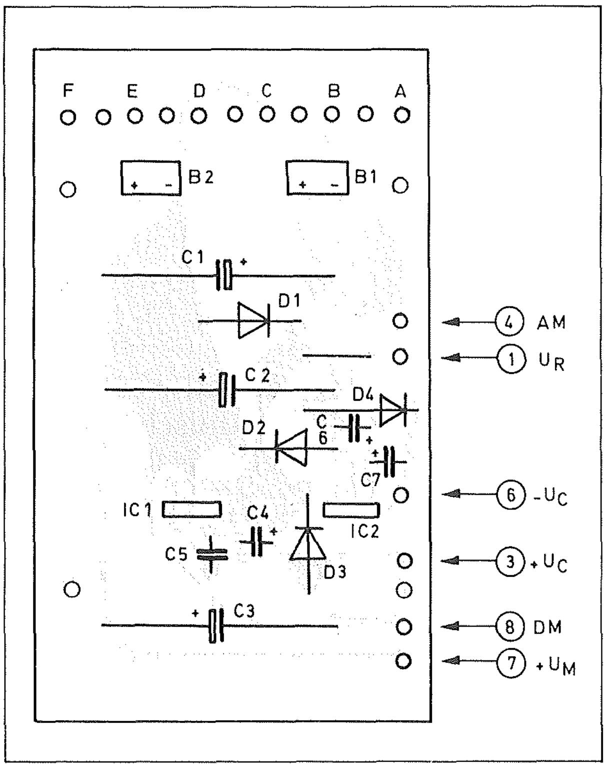
Schakelaars:
S1,S3: Miniatuur tuimelschakelaar, 1 x wissel
S2: draaischakelaar, 1 moedercontact, 12 standen.

Connenctoren:
31-polig voor printmontage
13-polig voor printmontage
2 stuks 5-polige DIN-plug (voor sensor aansluitingen)

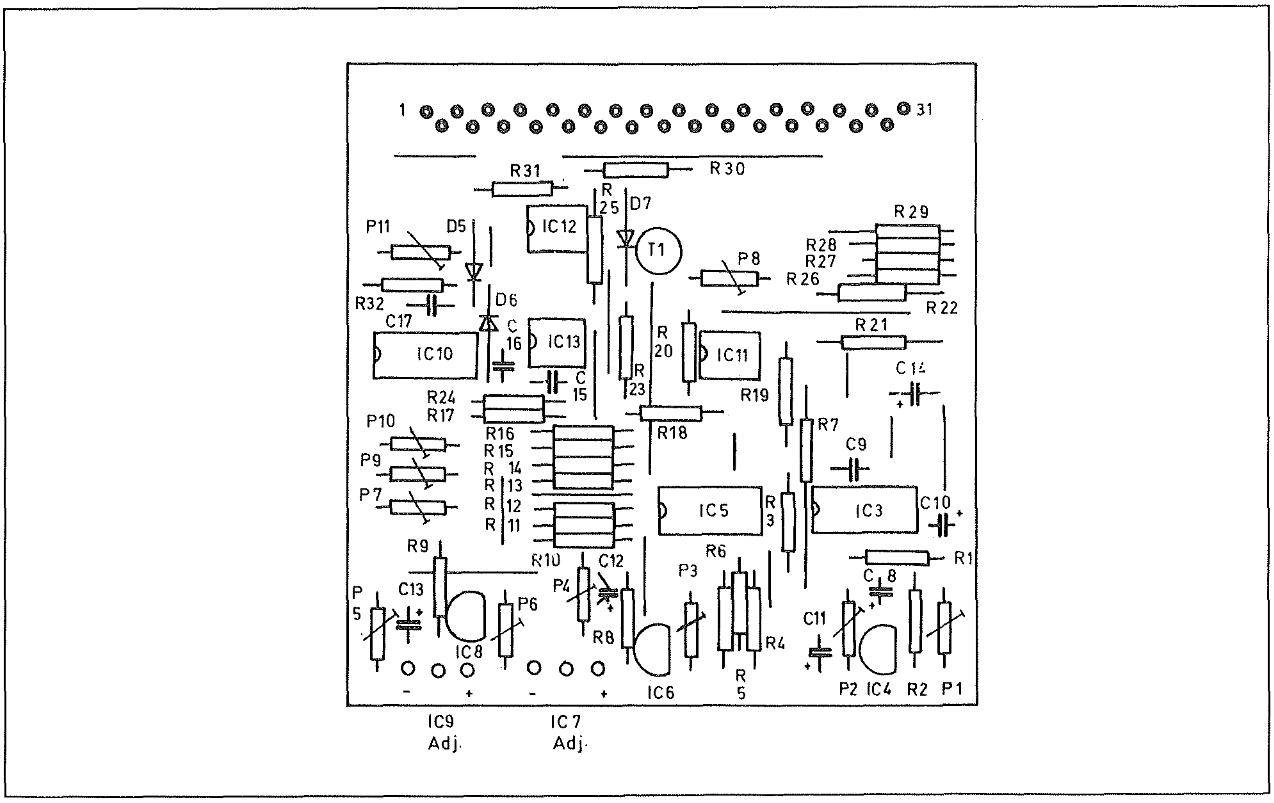
54 stuks soldeerpennen

Printmateriaal:
1 x epoxyprint 100 x 100 mm
2 x epoxyprint 60 x 100 mm
1 x epoxyprint 40 x 40 mm

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

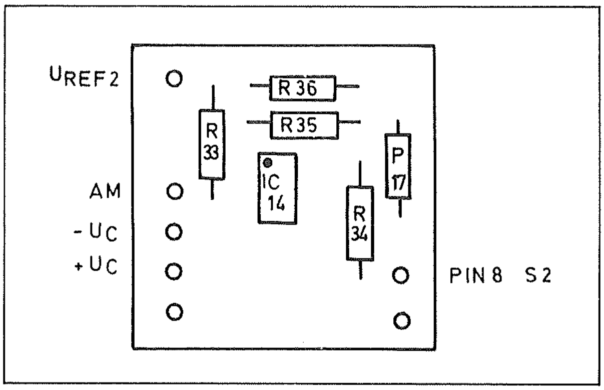


Figuur 4/14.23-5: Onderdelenplattegrond netvoeding

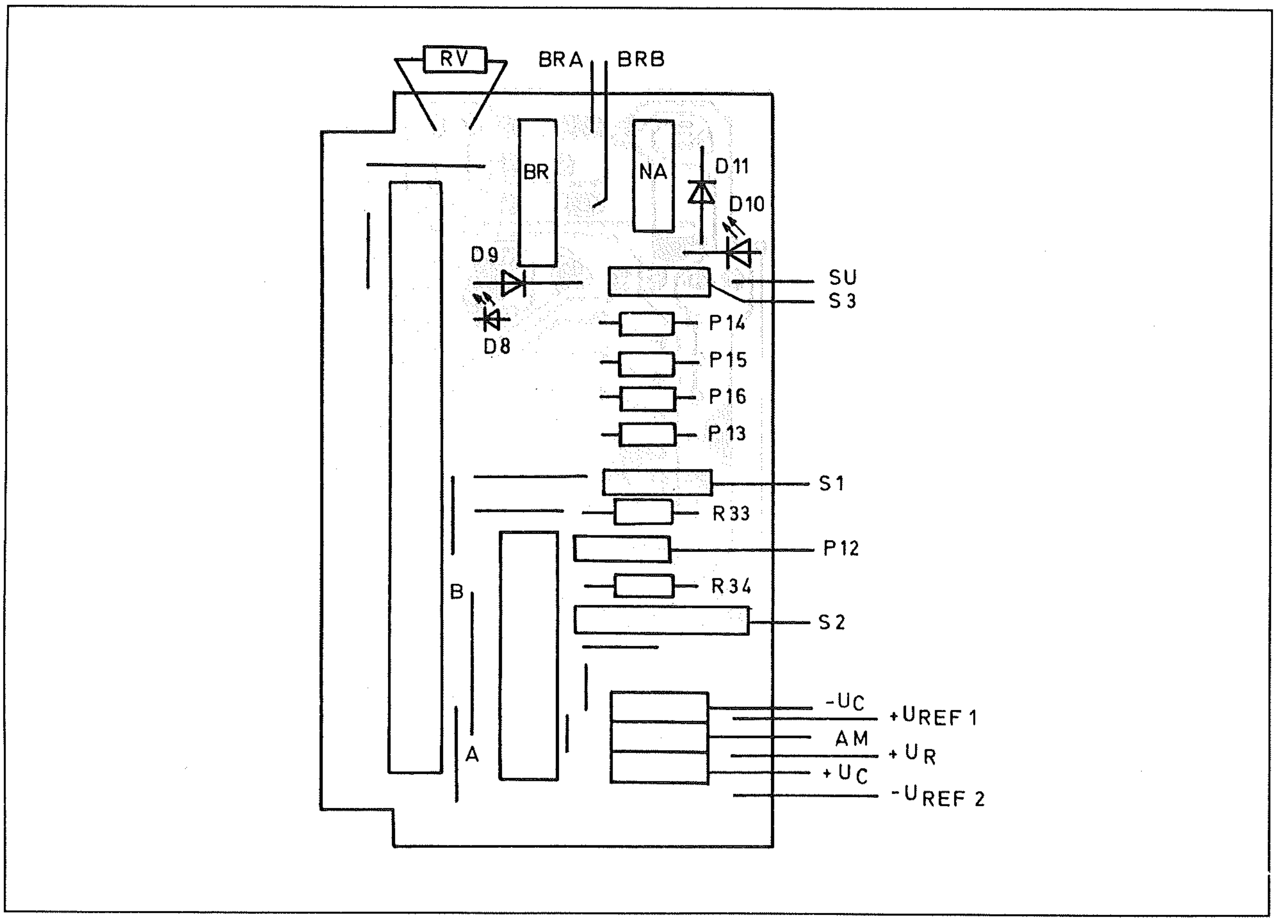


Figuur 4/14.23-6: Onderdelenplattegrond stuurprint

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



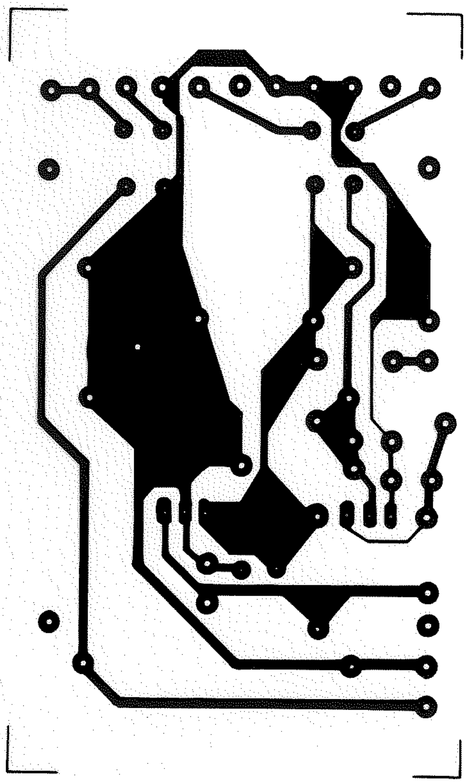
Figuur 4/14.23-7: Onderdelenplattegrond meetprint Uref2



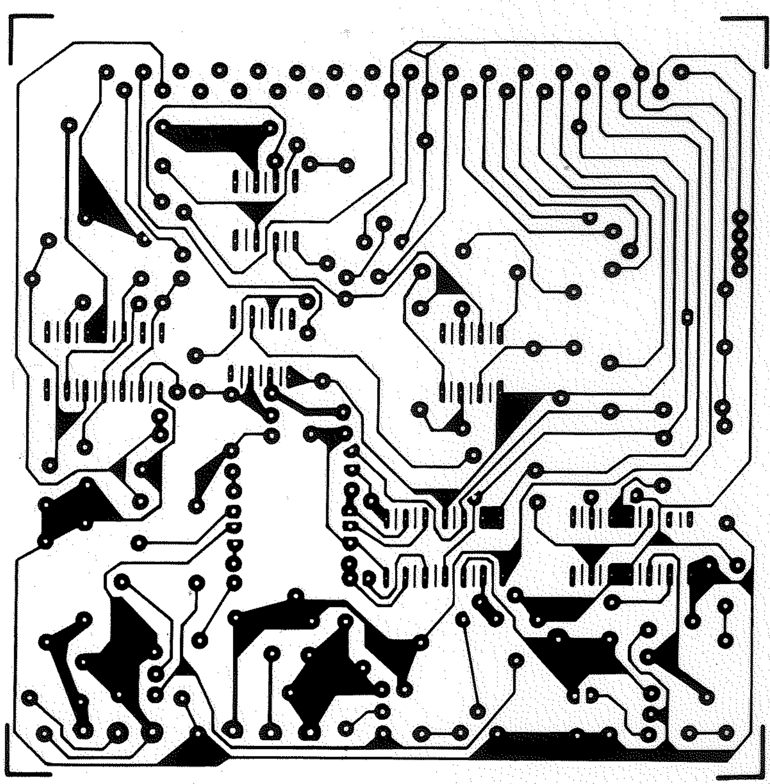
Figuur 4/14.23-8: Onderdelenplattegrond basisprint

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

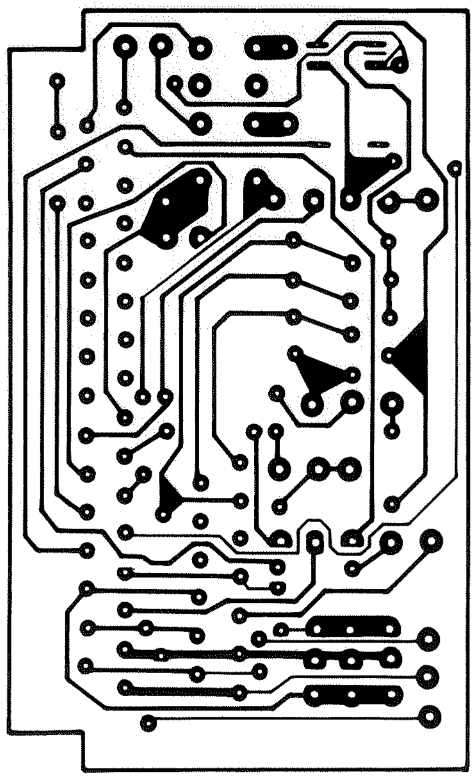
14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



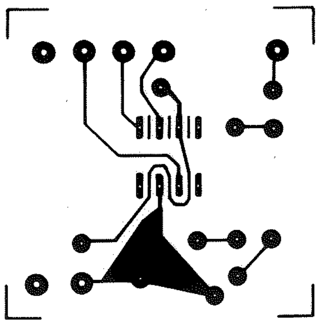
Figuur 4/14.23-9: Printlay-out netvoeding (onderdelen zijde)



Figuur 4/14.23-10: Printlay-out stuurprint (onderdelen zijde)



Figuur 4/14.23-11: Printlay-out meetprint (onderdelen zijde)



Figuur 4/14.23-12: Prinlay-out meetprint (onderdelen zijde)

4/14.23.1

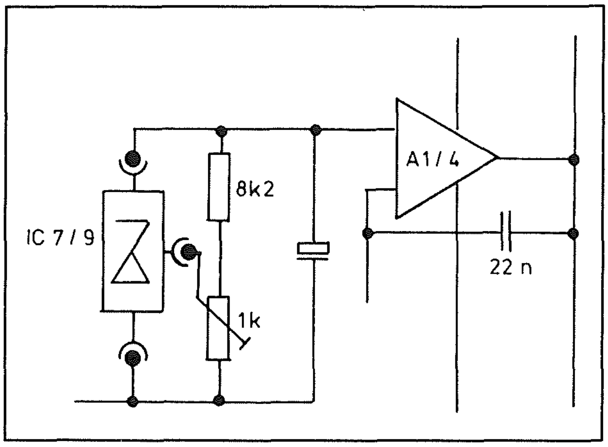
Aanpassingen en optimalisering

De elektronische verwarmingsregeling is tamelijk universeel van opzet. Ten gevolge van specifieke lokale omstandigheden en verschil in behoeften of stookgewoonten kunnen aanpassingen noodzakelijk cq. gewenst zijn. Bovendien kwamen bij langer gebruik van het prototype nog een aantal zaken naar voren, die voor verbetering vatbaar bleken.

Bij het afregelen van de thermostaten zal het opvallen, dat de eigenlijke afregeling gebeurt in een zeer klein regelbereik aan het eind van de schroeftrimmerpots P4 en P5. Deze afregeling was zondermeer overgenomen uit de applicatiebijlage van de fabrikant. Door de verschuiving van het nulpunt naar −2,73 V is de afregeling echter nogal moeilijk. De oplossing is het aanbrengen van een serieweerstand van 8k2 en verlaging van de waarde van de schroeftimpot naar 1k. Een en ander is terug te vinden in figuur 4/14.23.1-1a. Ook moet nog eens met nadruk worden gewezen op het belang van de massa-aansluitingen. Bij het aansluiten van de aardaansluitingen van de thermostaten moet op een zelfde wijze worden te werk gegaan als bij een audio-installatie. Dwz. dat alle aardaansluitingen stervormig op het zelfde punt zijn aangesloten en er geen doorverbindingen aan de uiteinden worden gemaakt, waardoor aardstromen zouden kunnen gaan lopen. Het centrale aardpunt van de schakeling is het knooppunt van de afvlakcondensatoren C1 en C2. Alleen als hierop wordt gelet kan de invloed van allerlei stoorsignalen worden onderdrukt. Daarnaast moet de doorsnede van alle aarleidingen minstens 0,75 mm^2 bedragen om de weerstand hiervan zo gering mogelijk te houden. Blijkt de schakeling bij in acht name van de bovenbeschreven voorzorgen toch nog gevoelig voor brom, dan kan men in de tegenkoppeling van opamps A1 en A4 condensatoren opnemen, die de wisselspanningsversterking onderdrukken, zonder de gelijkspanningsversterking te beïnvloeden. Men bereikt dit, door over de weerstanden R11 en R12, resp. R14 en R15 keramische condensatoren parallel te schakelen. De waarde van deze condensatoren moet 22 nF bedragen. Zie ook figuur 4/14.23.1-1a. Deze maatregel moet echter complementair zijn aan een goede aarding en niet in plaats van!

Een mogelijk onzekere factor in de schakeling is de comparator A7 die, zoals alle comparators, in het omschakel gebied neigt naar overgevoeligheid voor stoorsignalen. Een indicatie hiervoor is het flapperen of nadenderen van het

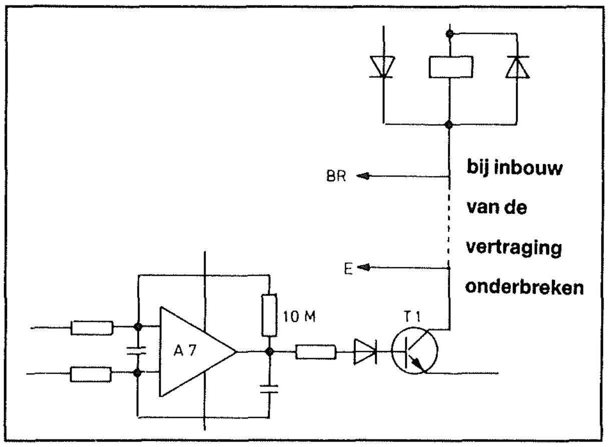
14.23 Aanpassingen en optimalisering



Figuur 4/14.23.1-1a

BR-relais. Door het aanbrengen van een meekoppelings weerstand van 10 M tussen pen 3 en pen 6 van A7 krijgt de comparator een geringe hysteresis. Zie figuur 4/14.23.1-1b. Door deze maatregel zal logischerwijze de inschakel/pause verhouding veranderen. Door aanpassing van de voorverwarming kan men dit kleine nadeel weer opheffen. Nu toch de voorverwarming ter sprake is: In de praktijk blijkt, dat men P11 beter kan verhogen naar 1K en de waarde van R(V) veranderen in 470 ohm ¼ W.

Nog een opmerking over de dynamische voorverwarming. De voorverwarmingsinstelling en de waarden van de componenten in de schakeling zijn uitsluitend bedoeld als een voorbeeld. Bij ingebruikname van het prototype van de schakeling moest hiermee nog wat worden geëxperimenteerd worden voordat een goede instelling was gevonden. Deze instelling is echter afhankelijk van de installatie, de ruimten, die verwarmd worden, de plaats van de thermostaat en zo nog een aantal factoren. Van belang is naast de dimensionering van het eigenlijke voorverwarmingselement R(V) ook het samenspel van de via de ontkoppel dioden aangeboden spanning. Via D5 wordt het statische aandeel geleverd, het dynamische aandeel komt via D6. Als men uitsluitend een dynamische regeling wenst kan D5 worden verwijderd. In dat geval bepaald de verhouding tussen R31 en R30 door het bepalen van de versterkingsfactor van A6 de uitgangsspanning van IC10.



Figuur 4/14.23.1-1b

Met P10 en P11 kan dan nog een grof- resp. fijnregeling worden bereikt. De instelling van de voorverwarming is dan optimaal, als de kamerthermostaat zorgt voor het bereiken van de ingestelde temperatuur zonder overshoot en deze temperatuur ook vast kan houden. Aangezien deze instelling van huis tot huis varieert kan dus geen eenduidige afregelprocedure worden gegeven. Men krijgt nog wat meer speelruimte door de versterkingsfactor van A6 te varieren. Echter een betrouwbare afregeling wordt pas verkregen door over langere perioden de samenhang tussen buiten- water- en kamertemperatuur in de gaten te houden en te noteren.

14.23 Aanpassingen en optimalisering

De beschreven veranderingen zijn over het algemeen afdoende om een goede werking van de kamerthermostaat te verzekeren. De paneelmeter vertoond een rustig beeld van alle via de draaischakelaar gemeten waarden. Als de laatste digit van de paneelmeter nog heen en weer blijft springen, is er toch nog een te grote bromspanning overgebleven.

Om de schakeling toch bruikbaar te maken kan nu nog slechts een kleine vertragingsschakeling worden ingebouwd, die weliswaar niet de oorzaak van de problemen wegneemt, maar op doeltreffende wijze de door brom- en stoorspanning veroorzaakte klapperneiging van het branderelais onderdrukt. De schakeling bestaat uit een combinatie van een RS-flip-flop gevormd door de poorten N1-N4 en een monoflop, bestaande uit IC3 en bijbehorende componenenten. Bij het signaal "brander-aan" zorgt T1 voor een nulpuls op de IN-aansluiting van de vertragingsschakeling. Pen 1 van N1 wordt dus laag. Hierdoor wordt pen 3 van N1 en dus ook pen 4 van N2 hoog. Aangezien T2 in de rusttoestand gespert is, is pen 5 van N2 eveneens hoog. Het gevolg is, dat op de "set"-ingang van de flip-flop (N3, N4) een laag niveau wordt aangeboden, zodat de flipflop kan worden geset. Via R3 wordt T3 gestuurd. Het branderrelais kan dus aantrekken zolang de ingang van de vertragingsschakeling laag blijft staan. Als T1 weer spert, zal de ingang van N1 hoog worden, pen 3 wordt dan laag. Dit laag niveau komt op de reset ingang (pen 13) van de flip-flop. Het branderrelais zal afvallen. Tegelijkertijd wordt via pen 11 van N4 de monoflop, bestaande uit de bekende NE555 met bijbehorende componenten gestart. Het resultaat is een hoog niveau aan de uitgang van de monoflop voor de duur van de ingestelde tijd. Dit uitgangssignaal brengt T2 in geleiding, waardoor op pen 5 van N2 een laag niveau wordt aangeboden. Hierdoor wordt bereikt, dat voor de door de timer bepaalde tijdsduur het relais niet opnieuw kan worden bekrachtigd, doordat pen 6 niet laag kan worden.

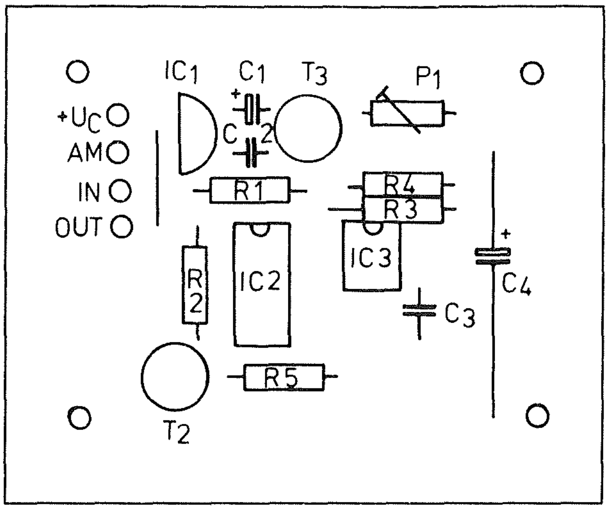
Op het printje is ook een spanningsregelaar (78L05) aangebracht. De referentiespanning Uref.1 is weliswaar eveneens 5 V. Maar om de werking van de schakeling niet in gevaar te brengen is het beter deze spanning niet te belasten. In principe moet men trouwens nooit referenties voor voeding gebruiken. Aansluiting van de vertragingsprint op de rest van de thermostaatelectronica is zeer eenvoudig. De aansluitingen van de collector van T1, pin 17 op de 31-polige connector en het BR-relais dient te worden onderbroken. Het punt "IN" van het vertragingsprintje wordt met pen 17 verbonden en de collector van T3 ("OUT") met het BR-relais. Blijft nog de aansluiting van +Uc aan de voeding en de analoge aarde AM aan de massa van het printje. De vertraging is af te regelen met schroefpot P1. Als dit niet voldoende is kan men de waarden van P1, R4 en C4 naar believen aanpassen. Om de vertragingstijd te berekenen kan men de volgende benaderingsformule gebruiken:

$$t(V) = (R4+P1).C4$$

Hierbij zijn de waarden van R4 en P1 in Ohm en de waarde van C4 in Farad. De uitkomst van de formule is in seconden.

14.23 Aanpassingen en optimalisering

Voor de doorverbinding van de temperatuursensoren met de print moet beslist drie-aderig enkel afgeschermde kabel worden gebruikt, zoals wordt toegepast in Hifi stereo-installaties. Daardoor wordt de schakeling storingsgevoeliger, hetgeen de bedrijfszekerheid ten goede komt.

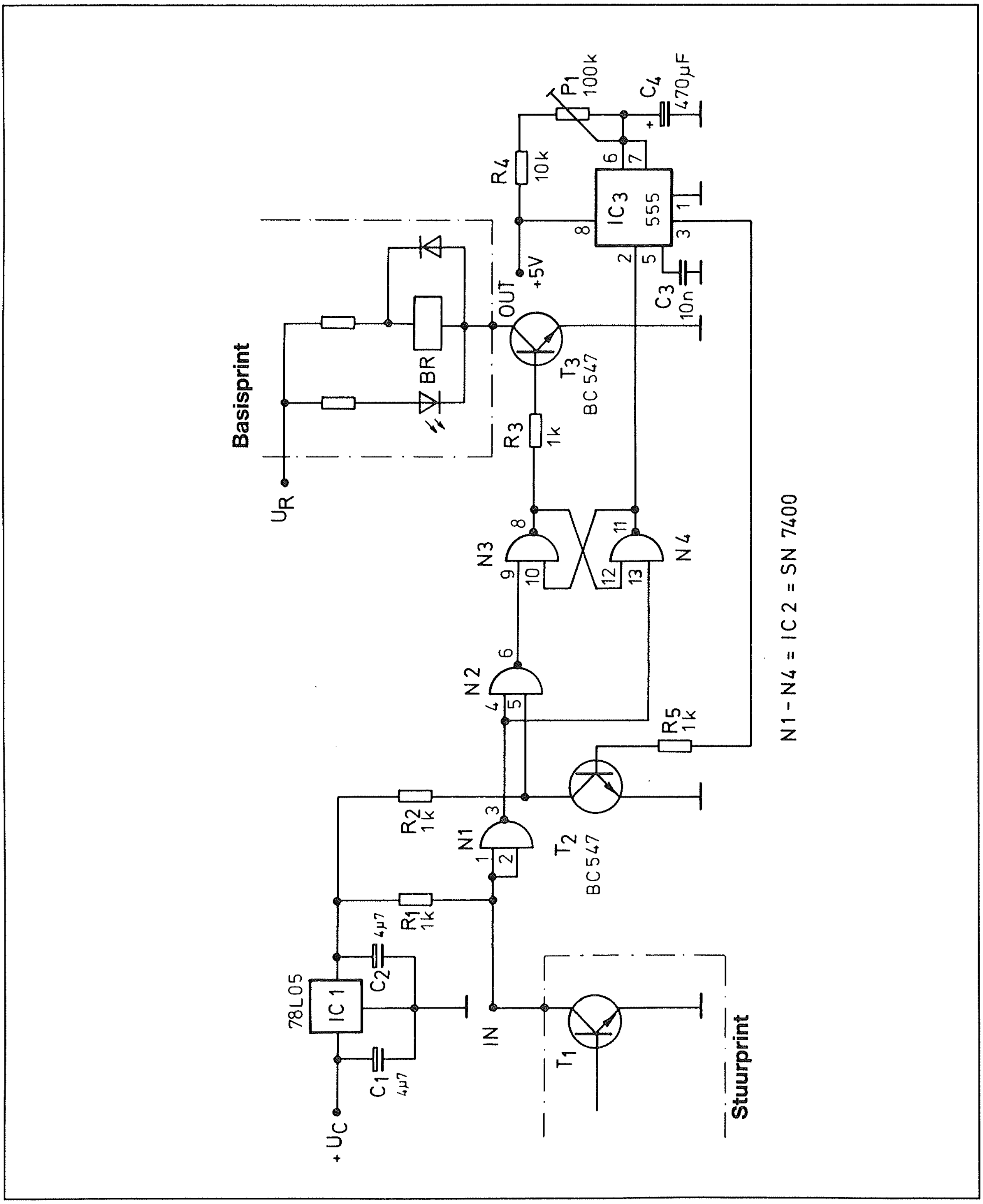


Figuur 4/14.23.1-4: Onderdelenplattegrond van het vertragingsprintje

Onderdelenlijst

Aanduiding	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	spanningsregelaar	78L05	T1
IC2	Nand-poort	SN7400	T1
IC3	Timer	NE555	T1
T2, 3	schakeltransistor	BC547B	
R1, 2, 3, 5	weerstand	1k	kool 5%, ¼ W
R4	weerstand	10k	kool 5%, ¼ W
P1	schroefpotmeter	100k	¼ W, 10%
C1, 2	elco	4,7 uF/25 V	tantaal
C3	condensator	10 nF	
C4	elco	470 uF/10 V	
	IC-voetje	14 polig	
	IC-voetje	8 polig	
	soldeerpennen		
	printplaat	70 x 55 mm	

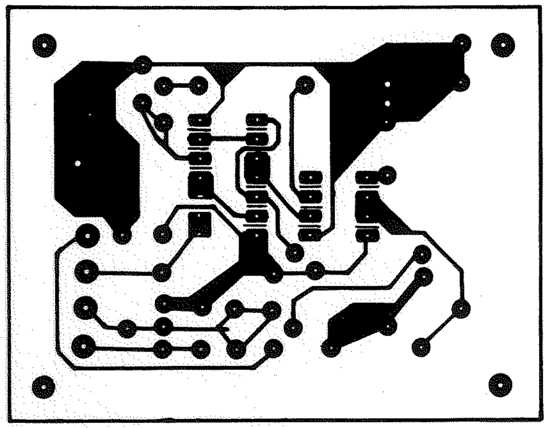
14.23 Aanpassingen en optimalisering



Figuur 4/14.23.1-2: Schema van de vertragingsschakeling

14.23 Aanpassingen en optimalisering

14.23 Aanpassingen en optimalisering



Figuur 4/14.23.1-3: Layout van het vertragingsprintje, soldeerzijde

4/14.23.2

Verbetering van het rendement bij gebruik van plaatradiatoren

Uit de gehele beschrijving van de electronische verwarmingsregeling komt duidelijk naar voren, dat bij de ontwikkeling werd uitgegaan van een zo nauwkeurig mogelijke regeling. Voor alles is dat terug te vinden in de zeer geringe hysteresis van 0,07 graden Celsius. De achterliggende gedachte was, dat de regeling optimaal zou zijn, als de werkelijke temperatuur in de ruimte minimaal zou afwijken van de ingestelde temperatuur. Dit alles om geen energie te verspillen aan onnodige en ongewenste afwijkingen van de ingestelde waarde. Deze eis valt te vergelijken met het streven om door het zo kort mogelijk aan zijn van de brander, de watertemperatuur zo te regelen, dat de temperatuur in de te verwarmen ruimte constant blijft.

Een belangrijke factor in de verwezenlijking van het gestelde doel is de warmte afgifte van de gebruikte radiatoren. In de praktijk blijkt een lage temperatuursverwarmingsketel en de daarbij behorende (lamellen-) radiatoren doordat hij met lage watertemperaturen werkt beter te werken dan een ketel die met plaatradiatoren is uitgerust. Bij deze laatsten zou bij vermindering van de watertemperatuur wel eens een chronische ‘onderverwarming’ kunnen ontstaan. Deze systemen moeten het vooral hebben van stralingswarmte en in veel mindere mate van circulatie. De electronische verwarmingsregeling zou in dit geval wel eens te goed, d.w.z. te gevoelig kunnen zijn. Als de energiebesparing op deze manier het comfort drastisch verminderd, zoudt u wel eens problemen kunnen krijgen met de huisgenoten. Let wel, het beschreven verschijnsel kan optreden, noodzakelijk is dit echter niet. Ook zijn er verwarmingsinstallaties, die in de huiskamer, waar de thermostaat zich bevindt lamellen radiatoren hebben en in de andere ruimten plaatradiatoren.

Men kan een oneconomisch werken van de installatie eenvoudig vaststellen. Als de radiatoren over een langere periode (bijv. overdag) na het eerste opwarmen tamelijk koud blijven, terwijl het energieverbruik toch hoog blijft. In dit geval zal men de gevoeligheid van de electronische verwarmingsregeling toch moeten verminderen, omdat de radiatoren met de aangeboden hoeveelheid warmte theoretisch zouden moeten werken, echter dit in de praktijk niet doen. Door het verlagen van de gevoeligheid wordt weliswaar het temperatuursniveau van de voorverwarming verhoogd, wat natuurlijk ook een groter energieverbruik tot gevolg heeft, echter tegelijkertijd verbetert het rendement

van de plaatradiatoren aanzienlijk, zodat in dit speciale geval het rendement van de gehele installatie verbetert.

De hiervoor benodigde wijzigingen zijn eenvoudig. Drie weerstanden uit het basisconcept moeten vervangen worden. Van belang is daarbij de versterkingsfactor van de verschilversterker A5. In de originele versie is deze versterking 10x, wat een temperatuursafhankelijke spanningsverandering geeft van 1V per graad C tussen ingestelde en werkelijke waarde. Door deze versterkingsfactor te verminderen, wordt de genoemde spanningsverandering kleiner. Door veranderen van R20 en R21 verandert de tijdsduur dat de brander aan is. Als men bijv. R20 en R21 verkleint tot 22k, dan daalt het temperatuursafhankelijke spanningsverschil tot 220 mV per graad C temperatuursverschil, ruim een factor 4 kleiner. Als men de waarde van deze weersstanden kleiner maakt dan ca. 10k, dan gaat er een demping optreden, omdat de versterkingsfactor van de verschilversterker A5 dan kleiner wordt dan 1. Omdat echter de ingangsgevoeligheid van comparator A7 niet is gewijzigd, moet tengevolge van de langzamere verandering de tijd dat de brander aan is langer worden. De waarde van R20 en R21 moet experimenteel worden vastgesteld. Het zal uit bovenstaand verhaal duidelijk zijn, dat hiervoor geen vaste regel is te geven.
De derde weerstand die moet worden veranderd is de weerstand die de dynamische voorverwarming verzorgt. De weerstand van 1/4 Watt, die in de basisschakeling wordt gebruikt kan door zijn geringe mechanische afmeting slechts weinig warmte-energie opslaan. Als R20 en R21 kleiner worden, dan moet in de regel het vermogen waarmee de voorverwarmingsweerstand kan worden belast vergroot worden, zodat geen grote schommelingen in de temperatuurskurve gaan optreden. U kunt bijv. een 220 Ohm weerstand van 1/2 Watt gebruiken. De hysteresis weerstand van 10M aan A7 kan in dit geval meestal verwijderd worden; de verminderde versterkingsfactor van A5 reeds de tijd dat de brander aan is verlengt. Het resultaat van deze wijzigingen is een verlengde inschakeltijd van de brander, waardoor bij gebruik van plaatradiatoren een rendementsverbetering van deze radiatoren optreedt.

4/14.23.3

Weersafhankelijke nachttemperatuursinstelling

Inleiding

Met deze uitbreidingsschakeling voor de electronische verwarmingsregeling kan men nog meer energie besparen, doordat de regeling zelf de nacht temperatuursverlaging aanpast aan de weersomstandigheden buiten. Het is natuurlijk onzin om de verwarming dag en nacht op dezelfde temperatuur te laten staan. Dat doet dan ook niemand. Echter de hoeveelheid energie, die 's morgens, of indien men ook overdag de temperatuur voor een bepaalde tijd verlaagt, na het weer hoog zetten, wordt gebruikt is afhankelijk van de verlaging en van temperatuur buiten.

Het is dus van belang om te bepalen hoeveel lager de nachttemperatuur moet zijn. Een grote verlaging heeft weliswaar tot gevolg, dat de verwarming 's nachts niet of nagenoeg niet brandt, maar de afkoeling van de te verwarmen ruimtes zal navenant zijn. Deze afkoeling kan zo groot zijn, dat om deze ruimten weer op de gewenste temperatuur te brengen al de energie die 's nachts is uitgespaard hierbij weer verloren gaat. In het ongunstigste geval kan het zelfs meer kosten om de gewenste temperatuur weer te bereiken. Als de verlaging echter niet genoeg is, zal de verwarming te vaak aangaan. In dit geval treedt energieverlies op, omdat de ruimten warmer blijven, dan noodzakelijk is. De opwarmtijd en de daarvoor benodigde energie is dan gering, maar de besparing veel minder. Hoeveel moet de temperatuursverlaging dan zijn? Hierop is helaas geen eenduidig antwoord te geven. De veel gehanteerde norm van 4 a 5 graden C is namelijk een gemiddelde. Dit gemiddelde is jaargetijde afhankelijk. Of om het nog precieser te zeggen: buitentemperatuurs afhankelijk. En daarmee kondigt zich het thema van deze toevoeging op de electronische verwarmingsregeling al aan.

Als doel is gesteld een schakeling te ontwerpen, die door het automatisch regelen van de nachttemperatuursverlaging een optimale energiebesparing zal geven, waarbij het comfort blijft gehandhaafd. We merken nog op, dat deze schakeling een aanvulling is op de electronische verwarmingsregeling. Zij breidt enkel de functies uit, zonder de basiswerking aan te tasten.

Schakelingsfuncties

Het hart van deze uitbreiding wordt gevormd door de buitensensor, die de waarde van de buitentemperatuur bepaalt. Bij buitentemperaturen tot −10°C kan hiervoor de temperatuursensor LM 335 Z worden toegepast. In veel

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

gevallen zal het 's winters toch wel kouder worden. Voor lagere temperaturen kan men een LM 235 H gebruiken. Deze heeft dezelfde eigenschappen als een LM 335 Z, echter de ondergrens van het temperatuursbereik is −40°C. Als het zo koud wordt, kunt U waarschijnlijk beter de verwarming dag en nacht op maximum laten staan. De prijs van de LM 235 H is echter aanzienlijk hoger dan die van een LM 235 Z.

De afstand van buitenthermostaat naar de schakeling zal al gauw enige meters zijn, het kan echter ook enige tientallen meters worden. Soms is het mogelijk de buitensensor met afgeschermd snoer aan te sluiten, maar we hebben bij de proefschakeling zoveel problemen gehad, dat we een aanpassingsschakeling hebben gemaakt, die het mogelijk maakt de meetwaarde van de buitensensor over een vieraderige niet afgeschermde leiding naar de schakeling te brengen. De aanpassingsschakeling is zo gedimensioneerd, dat kabellengtes van 100 m geen enkel probleem vormen. Bij gebruik van gewone 0,6 mm kabels, zal het verlies voldoende worden gecompenseerd, terwijl er geen problemen zijn te verwachten met het oppikken van brom.
Voor de koppeling is een schakeling ontworpen, die bij de buitensensor is gemonteerd en die als lijndrijver fungeert. De voeding van deze schakeling wordt verzorgd door de voeding van de electronische verwarmingsregeling en wordt afgenomen op de relaisspanning +U(R) en de analoge aarde AM. De twee operationele versterkers A1 en A2 hebben een enkelvoudige voeding en niet zoals gebruikelijk een positieve en een negatieve voeding. Hierdoor wordt voorkomen, dat op de bipolaire voeding van de andere opamps in de schakeling stoorsignalen ontstaan, die uit de lange toevoerleidingen van de drijver schakeling komen. Wat meer brom of storing op de +U(R) is niet van belang, omdat relais daar geen last van hebben. Er is echter nog een belangrijke reden om gebruik te maken van de relaisspanning +U(R) voor de drijver. Om dit te begrijpen moet men zich bedenken, dat stoorsignalen alleen problemen geven, als hun amplitude een grootte heeft, die een flink percentage van het eigenlijke signaal bedraagt. Als het eigenlijke signaal een waarde rondom de 0V (aarde) heeft. Voorbeeld: Bij een audio-installatie moet de aansluiting van de pick-up geschieden via afgeschermde kabel. Het eigenlijke signaal is zeer klein ten opzichte van de mogelijke stoorsignalen. De leidingen naar de luidsprekers zijn meestal ordinaire tweedraads verbindingen. Het signaal is groot ten opzichte van de mogelijke storingen. Het laatste principe trachten we met de lijndrijver te bereiken.

De temperatuursensor ligt daarbij via de weerstanden R1 en R2 praktisch op de halve voedingsspanning, die in dit geval ca. 8,5V bedraagt voor de min aansluiting van de sensor en ca. 11,5V voor de positieve aansluiting. Als een bipolaire voeding was gebruikt, zou het sensorsignaal rond de 0V hebben gelegen en daardoor veel storingsgevoeliger zijn.

Opamp A1 en A2 verzorgen een impedantie aanpassing. De versterkingsfactor van A1 is instelbaar. A2 heeft een vaste versterkingsfactor van precies 1x. Tantaal condensator C1 zorgt voor bromonderdrukking op de ingang en diode D1 ontkoppeld van de voeding en zorgt voor het afvlakken van alle op de voe-

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

dingslijn opgepikte wisselspanningen. Bovendien beveiligd deze diode de lijnversterker tegen verkeerd (omgepoold) aansluiten van de voeding. Met condensator C2 worden alle gelijkgerichte spanningspieken afgevlakt, met als resultaat een schone voeding voor de opamps. Door de impedantie aanpassing ontstaat een zeer laagohmige aansluiting op de leiding. Aan de ontvanger kant staat een verschilversterker met een spanningsversterking van 1x. De niet inverterende ingang is daarbij met A1 verbonden. De inverterende ingang is met A2 verbonden. Aangezien het potentiaalverschil tussen A1 en A2 gelijk is aan de sensorspanning, vinden we aan de uitgang van A3 een spanning, die evenredig is met de buitentemperatuur. De verhouding bedraagt 10 mV/K, zonder brom of storingen.

Hoe dit kan? Aangezien de verschilversterker uitsluitend het verschil tussen de punten SN en SI versterkt, kan op de uitgang geen storing aanwezig zijn, die door de leiding werd opgepikt. De signaalleidingen SN en SI zijn aders van dezelfde kabel en als zodanig onderhevig aan dezelfde storingen. Als dus op SN 500 mV AC wordt opgepikt, dan zal dit ook op SI het geval zijn. De verschilversterker versterkt echter alleen het verschil tussen deze signalen. En 500 mV minus 500 mV is nog steeds gelijk aan nul! Voorwaarde is wel een kwalitatief zeer goede verschilversterker en een minimale fase verschuiving. De nauwkeurigheid is ook sterk afhankelijk van de waarde van de vier gebruikte metaalfilmweerstanden. Deze dient men precies uit te meten, met een digitale ohm-meter met een zo groot mogelijke nauwkeurigheid. Het is daarbij niet van belang, dat de weerstanden precies 10K zijn, echter dat de onderlinge afwijkingen minimaal zijn. De 'sensorspanning' op de uitgang van A3 wordt aangeboden aan de niet-inverterende ingang van verschilversterker A5. De nulpuntscorrectie wordt in dit geval bereikt, door een referentiespanning van +2,73V, die is afgeleid van de +5,00V referentiespanning via de weerstanden R7, P2 en R8. Na impedantie aanpassing middels A4 wordt de referentiespanning laagohmig aan de inverterende ingang van A5 aangeboden.

De uitgangsspanning op pen 7 van A5 heeft een steilheid van 100 mV/°C, doordat A5 een versterking levert van 10x. Deze uitgangsspanning komt via aansluiting AT op de 13-polig connector op draaischakelaar S2 en via deze schakelaar op de in de electronische verwarmingsregeling ingebouwde digitale paneelmeter. Bij gebruik van de aanbevolen paneelmeter kunnen temperaturen tot −9,9°C worden aangegeven. Als men een 3½ digit paneelmeter gebruikt, kan men temperaturen tot −40°C aangeven.

Met het uitgangssignaal van A5 wordt echter ook nog een uit opamps A6 en A7 en bijbehorende componenten bestaande venstercomparator gestuurd. Deze venstercomparator heeft als taak een van de trimpots P14, P15 en P16 in te schakelen, zonder overlapping. Als eis stellen we, dat bij nachtinstelling, te allen tijde een der instelpotmeters is ingeschakeld. Als aan deze eis namelijk niet wordt voldaan, ontstaat de situatie, dat alle drie de potmeters 'in de lucht' hangen, waardoor de electronische verwarmingsregeling een instel-

waarde van +50,0°C voorgeschoteld krijgt. Bij overlapping van temperatuursbereiken, zouden twee van de drie instelpots parallel geschakeld kunnen worden, de daaruit resulterende instelwaarde zou dan nog slechts 8°C bedragen. 8°C lijkt me tamelijk laag als nachtwaarde en 50°C nogal aan de hoge kant.

Aan de eis die we stellen zullen gewone in de handel verkrijgbare venstercomparators zoals een TCA 965 van Siemens of een LM 3914 van National Semiconductor niet zondermeer voldoen. Bij beide types stelden we bij de ontwikkeling van de schakeling een geringe neiging tot overlapping vast. We moesten dus een speciale schakeling ontwerpen, die aan de gestelde eis voldeed, of erop afgestemd kon worden. Het resultaat vindt U in de schakeling rondom A6 en A7. De schakeling is als zodanig bijna eindeloos uitbreidbaar en kan daardoor ook in andere applicaties worden toegepast, die een aansluitende, maar niet overlappende analoge data-overdracht vragen.

De werking van de venstercomparators is simpel: De meetwaarde wordt parallel aan de niet-inverterende ingangen van de opamps aangeboden. De spanningsdeler R13, P3 en P4 dient voor de instelling van de gewenste waarden, d.w.z. de omschakelpunten voor de drie nachtinstellings trimpots. Als men een relatief hoge buitentemperatuur van +10°C zou hebben, dan is de spanning op de uitgang pen 7 van A5 1,00V. De omschakelpunten liggen op 0°C voor P15 en op −10°C voor P16. Deze waarden zijn aannames. Zij kunnen met de trimpots P3 en P4 worden ingesteld. Bij deze aannames zal de uitgang van A6 +15V zijn, zodat T2 via R19 en D2 wordt gestuurd.

De uitgang van A7 blijft in elk geval op −15V, totdat de uitgang van A6 −15V wordt. Zolang dat niet gebeurt, ligt namelijk de inverterende ingang van A7 aan de voeding omdat T1 gesperd is via D3. T1 zal gesperd blijven, totdat de spanning op de uitgang van A6 −15V wordt. Pas dan krijgt de niet inverterende ingang van A7 zijn werkelijke (door R14 en P4 bepaalde instelspanning aangeboden. Het omklappen van A6 zal pas gebeuren, als de ingestelde spanning op de inverterende ingang hoger wordt dan de op de niet inverterende ingang aangeboden spanning.

Als dus de buitentemperatuur lager wordt dan de met P3 ingestelde waarde, dan wordt de uitgang van A6 −15V en de uitgang van A7 +15V. De maximaal in te stellen ondergrens is afhankelijk van de referentiespanning U(Ref)2, die −2,73V is. Daarmee is de minimaal in te stellen omschakeltemperatuur −27,3°C. Transistor T3 kan alleen in geleiding zijn binnen het door P3 en P4 ingestelde bereik. De breedte van dit bereik is over een ruime marge instelbaar.

Als de buitentemperatuur een nog lagere waarde bereikt, dan de met P4 ingestelde waarde, dan zal ook de uitgang van A7 van +15V naar −15V omklappen, zodat ook T3 uit geleiding gaat. Aan de kathodes van de diodes D5 en D6 ligt nu via de bedrading in de verwarmingsregeling, de instelpotmeters en de erbij behorende serieweerstand R16 een spanning van +5V. Op het moment, dat dus T2 en T3 gesperd zijn kan de stroom door R22 niet meer via D5 en D6 afvloeien. Het gevolg is, dat via D7 T4 in geleiding komt.

Als men dit laatste deel goed bekijkt, ziet

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

U, dat U hier te maken heeft met een door D5 en D6 gevormde WIRED-AND schakeling. Aangezien T4 dus alleen in geleiding kan zijn als T2 en T3 gesperd zijn en T3 alleen in geleiding kan zijn als T2 gesperd is, zijn geen overlappingen mogelijk. Door de WIRED-AND functie is het echter ook onmogelijk, dat geen der transistoren T2, T3 of T4 in geleiding is. De schakeling voldoet dus onder alle omstandigheden aan de gestelde eis, zelfs als de buitentemperaturen buiten de instelbare waarden vallen.

De opbouw van de schakeling

De weersafhankelijke temperatuursregeling wordt gebouwd op 2 printjes. Het printje met daarop de lijndrijver moet men in een behuizing aanbrengen. Deze behuizing wordt dan binnen, zo dicht mogelijk bij de buitensensor gemonteerd. De buitensensor moet buiten, gemonteerd in een vochtvrije behuizing worden aangebracht. Het zal duidelijk zijn, dat de bedoeling is de afstand tussen sensor en lijndrijver minimaal te houden. De lijndrijver moet wel op een vorstvrije plaats worden gemonteerd. Dit heeft te maken met de werktemperatuur van de opamps A1 en A2.
De print wordt op de normale wijze van componenten voorzien, d.w.z. eerst de draadbruggen, dan weerstanden, diodes en condensatoren en tenslotte de opamps. De weerstanden RX, RY en PX kunnen vervallen als de afstand tussen lijndrijver en hoofdprint kort is.

Bij het testen van de schakeling werd bij een kabellengte van 70 meter en een zendniveau van 1,290 V op P1, aan de ontvanger een spanning gemeten van 1,282 V, zonder dat voor A1 een instelbare versterker werd gebruikt. Of de weerstanden, waarmee de versterking wordt ingesteld werkelijk noodzakelijk zijn kan men pas vaststellen, na de spanning over P1 en de spanning aan pen 6 van A3 te hebben gemeten. Om te beginnen kan men dus beter RX door de draadbrug 1 tot 2 overbruggen en de weerstanden RY en PX weglaten. Als het kabelverlies te groot is kan men de weerstanden alsnog aanbrengen, de draadbrug verwijderen en vervolgens het verlies compenseren door de versterking van A1 af te regelen. Het regelbereik van de versterkingsfactor ligt tussen de 1,01 tot 1,1 maal.

Na afregeling kan de print in de gekozen behuizing worden ingebouwd en het geheel op de daarvoor gekozen plaats worden gemonteerd.

De rest van de weersafhankelijke temperatuursverlagings electronica, die bestaat de ontvanger en de venstercomparators worden op de insteekprint gebouwd. Deze insteekprint wordt later in de 13-polige connector op de hoofdprint gestoken. De aansluitingen afkomstig van de lijndrijver worden rechtstreeks op de print aangebracht aan soldeerpennen. Zoals eerder vermeld, moeten de weerstanden R3, R4, R5 en R6 op waarde worden geselecteerd. Het onderlinge verschil moet zo gering mogelijk zijn. (zie ook voorgaande tekst.) Ook de weerstanden R9 en R10, resp. R11 en R12 moeten zo worden uitgemeten, dat het verschil per paar minimaal is. Wat is nauwkeurig? Stel dat voor R9 een waarde van 10,05K, voor R11 een waarde van 99,5K, voor R10 een waarde van 9,95K

en voor R12 een waarde van 100,5K wordt genomen, dan zitten de weerstanden binnen een tolerantie van 1%.

Toch is de fout die ontstaat aanzienlijk, daar de versterkingsfactor van de inverterende kant dan 10,05 bedraagt en van de niet inverterende kant 9,9. Dan praten we nog niet eens over de fout die ontstaat door offsetverschillen van de opamp. Men moet er naar streven de lijnversterkings verschillen door voorselectie van de weerstanden te beperken tot minder dan 1%.

Als de insteekprint gereed is en op fouten nagekeken, dan kan ze op de hoofdprint van de electronische verwarmingsregeling worden gestoken.

Afregeling van de schakeling

Bij het afregelen wordt de dure temperatuursensor tijdelijk vervangen door een weerstand van 820 Ohm. De adjust aansluiting wordt nog niet gebruikt. Over de weerstand komt ten gevolge van de spanningsdeling een spanning te staan van bijna 2V. Het is van belang, dat de waarde net onder de 2V blijft. De meeste digitaal meters hebben namelijk tot 2V een 4-digit uitlezing, terwijl boven de 2V wordt omgeschakeld naar een minder nauwkeurig bereik en de aanduiding nog maar in 3 digits is. Door de grotere meetnauwkeurigheid in het 2V bereik is een nauwkeuriger afregeling mogelijk. Als U(R) te groot is moet de weerstand van 820 Ohm worden verlaagd tot 680 Ohm. Meet nu de waarden aan leidingsaansluiting en aan de ingang (pen 6) van A3. De waarden moeten nagenoeg gelijk zijn.
Door gebruik van RX, RY en PX kan men afwijkingen corrigeren. Bedenk, dat een afwijking van 10mV een fout van 1°C geeft! Vervolgens wordt de referentiespanning met P2 op precies +2,73V afgeregeld. De referentiespanning meet men op pen 1 van A4.

Met de trimpots P3 en P4 worden de omschakelpunten van de venstercomparators afgeregeld. Hiertoe wordt met de DMM gemeten op de loperaansluiting van P3 resp. P4. Als u ingedachten houdt, dat de steilheid van het signaal hier 100mV/°C bedraagt, kunt u eenvoudig uitrekenen welke spanning voor welke temperatuur moet worden ingesteld. Als alles is afgeregeld, kan men de weerdtand van 820 Ohm verwijderen en de temperatuursensor aanbrengen. Nu wordt de sensor nog afgeregeld op de op het moment heersende buitentemperatuur. Daarbij dient te worden bedacht, dat de sensor werkt met absolute temperaturen in Kelvin. 0°C komt dus overeen met 2,73V, +5°C komt overeen met +2,78V en −5°C komt overeen met 2,68V. Het zal duidelijk zijn, dat we met kleine verschillen te maken hebben. De afregeling zal navenant nauwkeurig moeten gebeuren.

Ingebruikname

Als alle afregelingen zijn gedaan en alle gemeten waarden in orde, dan kan het geheel worden ingebouwd. Draadbrug A-B op de hoofdprint van de electronische verwarmingsregeling kan nu worden verwijderd. Zet de draaischakelaar in stand 2 om de insteltemperatuur te meten. De temperatuursensor LM 235 H wordt nu door de afregelpot in de lijndrijver gesimuleerd. Men kan ook een regelbare voeding aansluiten tussen de ingangsklemmen SN en SI van de ontvanger. Werden eerder de omschakelpunten van de venstercomparators met P3

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

en P4 afgeregeld, nu moeten nog de resulterende temperaturen worden afgeregeld. Zet eerst de spanning tussen SN en SI op 2,3V. Dit komt overeen met een temperatuur van −43°C. De op punt D aangesloten trimpot P16 ligt nu over T4 aan aarde. De in te stellen waarde kan nu op de paneelmeter worden gecontroleerd. Het NA-relais moet wel bekrachtigd of overbrugd zijn. Als men de ingangsspanning nu op ca. 2,65V brengt, moet bij de in het voorbeeld gebruikte omschakelpunten van de venstercomparators nu P15 actief worden, aangezien 2,65V overeenkomt met een temperatuur van −8°C. Op de paneelmeter is de instelling weer te controleren.

De laatste instelling wordt bij een ingangsspanning van ca. 3V gedaan, hetgeen overeenkomt met een temperatuur van +17°C. Bij deze buitentemperatuur moet trimpot P14 in de thermostaatschakeling actief zijn via transistor T2. De uiteindelijke instelling van de trimpots P14, P15 en P16 moet experimenteel worden uitgezocht. Hiervoor kan geen algemeen geldende regel worden gegeven. Een goede uitgangspositie is ervoor te zorgen, dat het verschil tussen de instelling van P14 en P15, resp. P15 en P16 1°C bedraagt bij een instelling, die zorgt, dat de nachttemperatuur bijvoorbeeld 16°C, 17°C en 15°C bedraagt, al naar gelang de buitentemperatuur.

pen 1:	P16D (op de basisprint, trimpot)
pen 2:	P15C (op de basisprint, trimpot)
pen 3:	P14B (op de basisprint, trimpot)
pen 4:	niet gebruikt
pen 5:	niet gebruikt
pen 6:	niet gebruikt
pen 7:	−U(C), −15V
pen 8:	+U(C), +15V
pen 9:	meetpunt buitentemperatuur, draaischakelaar S2
pen 10:	U(Ref)2, −2,73V
pen 11:	Analoge aarde AM
pen 12:	U(Ref)1, +5,00V
pen 13:	+U(R)

Tabel 4/14.23.3-1: Aansluitingen op de 13-polige connector.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Onderdelenlijst.

Lijndrijver:

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerking
IC1	Temperatuursensor	LM 235 H	National Semiconductor
IC2	Opamp	TL 082	Texas Instruments
D1	Diode	1N4148	
R1,2	weerstand	4K7	Kool, 1/4W, 1%
RX	weerstand	1K	Kool, 1/4W, 1%
RY	weerstand	10K	Kool, 1/4W, 1%
P1	trimpot	10K	Cermet, 10%
PX	trimpot	100K	Cermet, 10%
C1,2	condensator	10 uF/35V	Tantaal
	print	86001	
	waterdichte behuizing	voor buiten montage	
	behuizing	bijv. P1	Teko

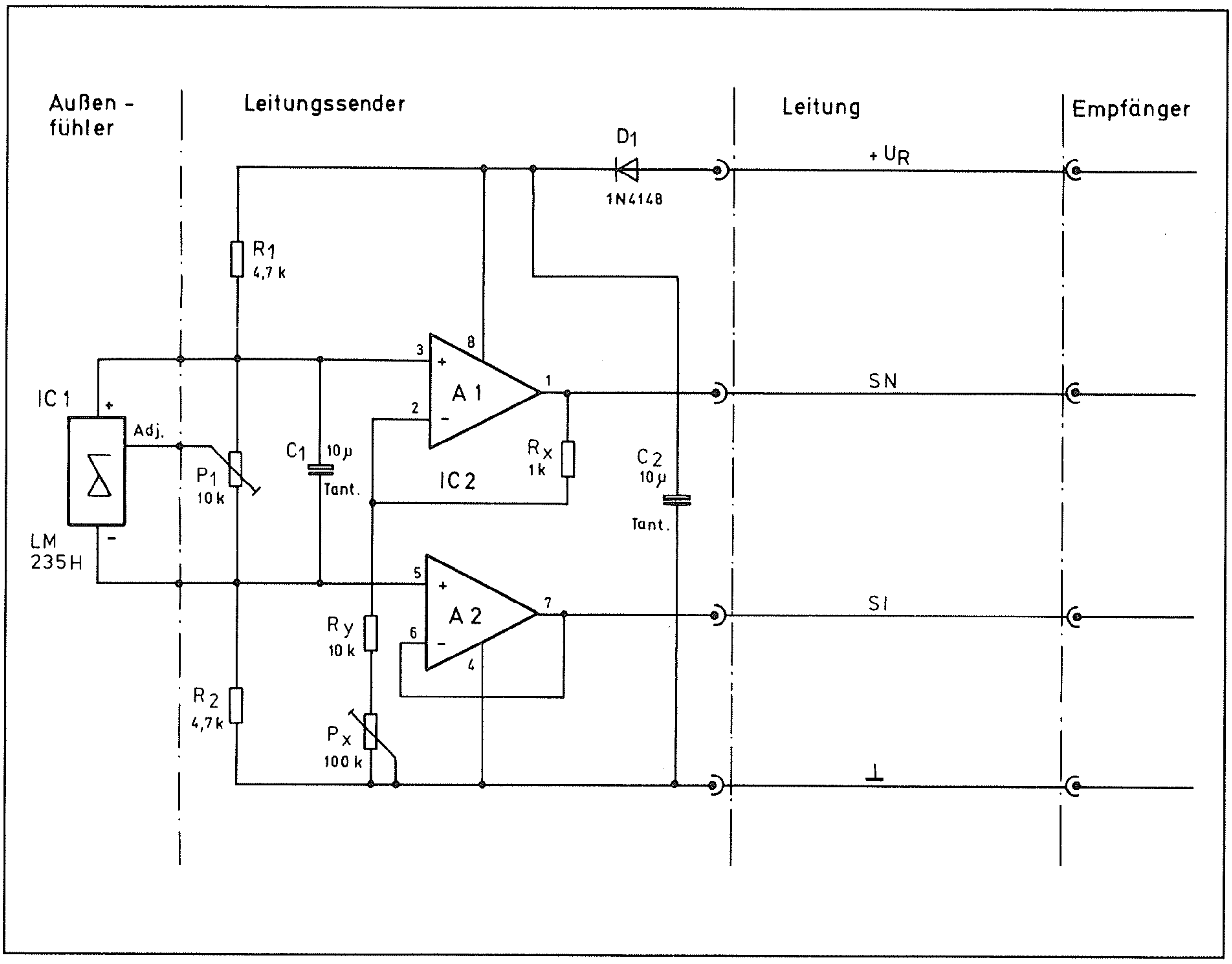
14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

Onderdelenlijst.

Insteekprint – buitentemperatuursafhankelijke regeling:

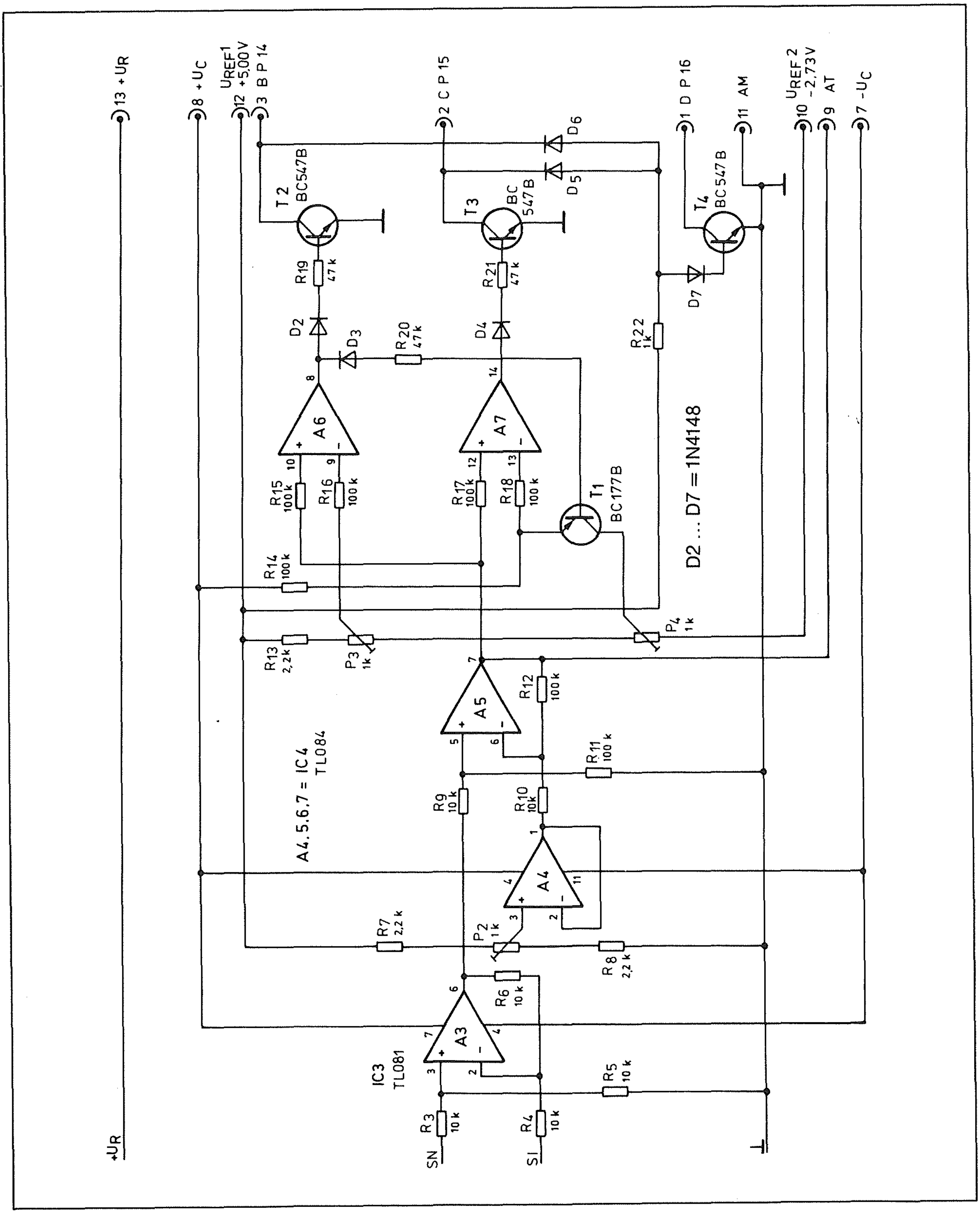
Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerking
IC3	Opamp	TL081	Texas Instruments
IC4	Opamp, 4-voudig	TL084	Texas Instruments
D2-7	Diode	1N4148	
T1	PNP-transistor	BC 177 B	
T2-4	NPN-transistor	BC 547 B	
R3-6	weerstand	10K	Kool, 1/4W, 1%
R9, 10	weerstand	10K	Kool, 1/4W, 1%
R7, 8, 13	weerstand	2K2	Kool, 1/4W, 1%
R11, 12	weerstand	100K	Kool, 1/4W, 1%
R14-18	weerstand	100K	Kool, 1/4W, 1%
R19-21	weerstand	47K	Kool, 1/4W, 1%
R22	weerstand	1K	Kool, 1/4W, 1%
-	Din-connector	13-polig	
-	Epoxy print	50 x 100 mm	
P2-4	trimpots	1K	Cermet, 10%
	IC-voetje	8-pens	aantal 1
	IC-voetje	14-pens	aantal 1
	soldeerpennen	1,3 mm	aantal 4

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



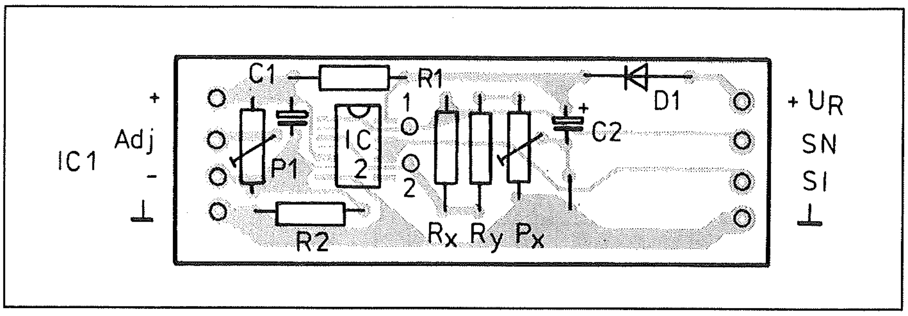
Figuur 4/14.23.3-1: Schema van de lijndrijver.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

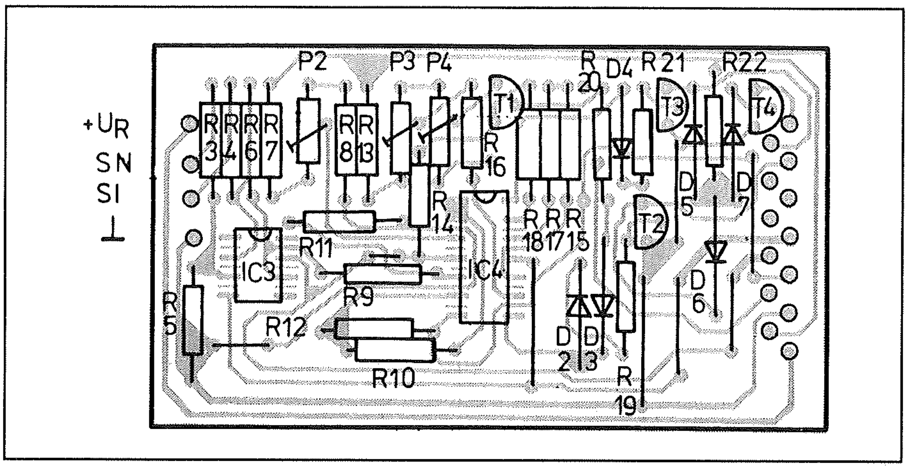


Figuur 4/14.23-2: Schema van de buitentemperatuursafhankelijke verlaging.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming

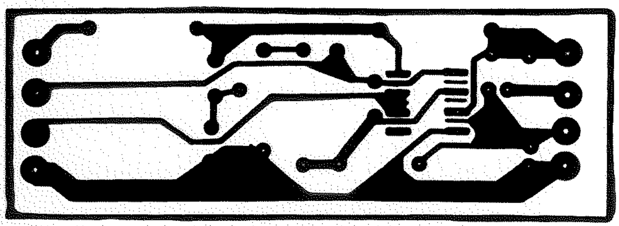


Figuur 4/14.23.3-4: Onderdelenplattegrond van de lijndrijver.

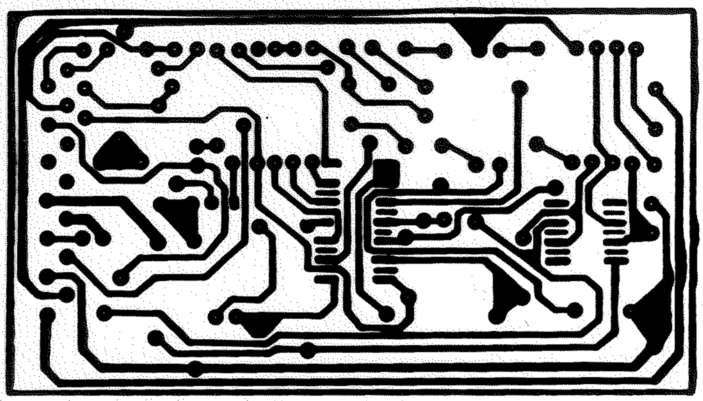


Figuur 4/14.23.3-5: Onderdelenplattegrond van de buitentemperatuursafhankelijke verlaging.

14.23 Elektronische regeling van centrale verwarming



Figuur 4/14.23-3: Printlay-out van de lijndrijver.



Figuur 4/14.23.3-4: Printlayout van de buitentemperatuursafhankelijke verlaging.

4/14.23.4

Electronische verschilthermostaat

In tegenstelling met de kamerthermostaat, die de werkelijke temperatuur in een ruimte vergelijkt met een ingestelde temperatuur en afhankelijk van het resultaat al dan niet de ontsteking of gasklep van een CV-ketel activeert, vergelijkt de verschilthermostaat 2 watertemperaturen. Het bijzondere van de schakeling is, dat dit relatief gebeurt, d.w.z. dat de te vergelijken temperaturen voortdurend kunnen verschuiven. Zolang de ene temperatuur hoger is dan de andere, zal een circulatie- of een warmtepomp ingeschakeld blijven. Zodra beide temperaturen gelijk zijn, of het verschil omdraait, wordt de pomp uitgeschakeld via een relais.

Toepassingsmogelijkheden
De bovenbeschreven eigenschap maakt de verschilthermostaat toepasbaar in verschillende soorten verwarmingsinstallaties. Daarbij is de te bereiken energiebesparing afhankelijk van de toepassing, terwijl deze zich op meerdere manieren onafhankelijk van elkaar kan manifesteren.

1. Circulatiepompen, die normaal altijd draaien kunnen nu afhankelijk van een temperatuursverschil worden uitgeschakeld, voorzover dat tenminste geen veiligheidsproblemen met zich mee brengt. Geen veiligheidsproblemen zijn te vrezen in installaties, waarin de pomp alleen als een hulp dient om de natuurlijke circulatie te versterken. In dit soort installaties zorgt de circulatiepomp alleen vóór een wat hogere waterdruk en stroomsnelheid en wordt alleen gebruikt als dat nodig is, bijvoorbeeld 's morgens of bij extreme koude. Gebruikt men bij dit soort CV-installaties de verschilthermostaat om de pomp uit te schakelen, dan is de energiebesparing voornamelijk terug te vinden op de electriciteitsrekening. Hoeveel de besparing zal zijn hangt voornamelijk af van het vermogen van de pomp.

2. Door het uitschakelen van een circulatiepomp in warmtepompen, kan worden vermeden, dat bij een te lage temperatuur van het secondaire circuit een afkoeling in plaats van verwarming van het water in het primaire circuit optreedt. Denk bijvoorbeeld aan zonnecollectoren. Alleen als het door de zon verwarmde water in de zonnecollector warmer is, dan dat in de CV-installatie heeft het zin het water van de CV-installatie door het buizenstelsel in de zonnecollector te pompen. Het uitschakelen heeft hier een dubbele energiebesparing tot gevolg. Ten eerste de stroomopname van de pomp en ten tweede het voorkomen van afkoeling van het CV-water door de zonnecollector.

3. Onder bepaalde voorwaarden kan de verschilthermostaat ook worden gebruikt in installaties, waarin van natuurlijke cir-

culatie niet of nauwelijks sprake is en waarin dus normaal gesproken de pomp altijd moet draaien. Men zou de verschilthermostaat ook in deze installaties kunnen gebruiken, als zeker gemaakt kan worden, dat bij het weer inschakelen van de brander ook de pomp weer gaat lopen. De schakeling moet dan uit veiligheidsoverweging in staat zijn het aangaan van de brander te verhinderen, als de pomp mocht weigeren.

Principe en werking

In principiële werking is de schakeling niet wezenlijk anders, dan de in vorige hoofdstukken beschreven kamerthermostaat. Met temperatuursensoren van het type LM 335 worden de temperaturen gemeten en met de eropvolgende opamps worden de temperaturen vergeleken met de criteria en aan de hand van de uitslag van deze vergelijking wordt dan wederom met behulp van wat electronica het signaal op een niveau gebracht, dat groot genoeg is om een relais te schakelen. Het zal u opvallen, dat de temperatuursensoren hier direct uit de +15V-voeding worden gevoed en niet via stroombronnen van het type LM 334 van een zeer nauwkeurige referentie worden voorzien. Aan deze verschilthermostaat behoeven niet zulke hoge nauwkeurigheidseisen te worden gesteld, dat een dergelijke voeding gerechtvaardigd zou zijn. Een hysteris van +/- 1°C is goed genoeg.

Met P1 en P2 kunnen eventuele tolerantie afwijkingen van de temperatuursensoren worden weggewerkt. Ook hier is geen ingewikkelder schakeling, met voorschakelweerstand en nauwkeurige potmeters nodig. De tantaalelco's C1 en C2 dienen voor bromonderdrukking en verbetering van de signaal/ruis verhouding. De verschilversterker gevormd door A1, A2 en A3 is wel van hoge kwaliteit. Dat is nodig, omdat A1 en A2 voor impedantieaanpassing zorgen en daarmee voor de impedantieverhouding bepalend zijn. Zij zorgen dus voor een gelijke belasting van de temperatuursensoren. De eigenlijke vergelijking van de gemeten temperaturen vindt plaats in de verschilversterker, die wordt gevormd door A3, met R3, R4, R5 en R6. Naast het vergelijken van de gemeten spanning versterkt A3 het verschil nog eens met een factor 10. Het gemeten verschil is dan ook op de uitgang van A3 (pen 8) terug te vinden als een signaal met een steilheid van 100mV/°K. Dit is meer dan voldoende om de reeds van de kamerthermostaat bekende comparatortrap te sturen. Het relais P zal worden bekrachtigd, als de sensorspanning van IC2 positiever is, dan de sensorspanning van IC1. Als IC2 aan de afvoerleiding van de CV wordt verbonden en IC1 aan de aanvoer- (of retour-) leiding, dan zal het relais bij gelijke temperatuur van aan en afvoerleiding de pomp uitschakelen. Er is dan geen restwarmte meer in het ketelblok aanwezig en watercirculatie zou eerder het effect hebben het water te koelen in het ketelblok. Bij een CV-installatie met zonnecollectoren wordt IC2 aangesloten op de leiding van de zonnecollector en IC1 aan de terugvoerleiding wordt gekoppeld. Als de watertemperatuur in de zonnecollectoren warmer wordt, dan het water in de CV-installatie, dan zal de pomp worden ingeschakeld en het water in de zonnecollector door de warmtewisselaar pompen.
Natuurlijk moet IC2 in dit geval op een dusdanige plaats aan de zonnecollector zijn bevestigd, dat de hoogste watertemperatuur in de collector wordt gemeten. Het IC moet dus ergens bovenin de collector worden gemonteerd. Door de natuur-

23.4 Electronische verschilthermostaat

lijke circulatie (warm water is lichter dan koud water) zal het warme water in de collector bovenin zitten.

Bij het bouwen volgt u de gebruikelijke volgorde. Dus eerst de draadbruggen, dan de passieve componenten. De quad- (= viervoudige) opamp kan men het best in een 14-polig voetje monteren, zodat hij bij eventuele storingen makkelijk kan worden vervangen. Als laatste worden de printkroonstenen en het relais aangebracht.

Afregelen

Om de dure temperatuursensoren niet in gevaar te brengen worden die nog maar even weggelaten. Door tussen de punten 3 en 4 en tussen 6 en 7 een draadbrugje te leggen kan men met de sensortrimpots P1 en P2 de werking van de temperatuursensors simuleren. Sluit op de punten A en B van de schakeling een zo nauwkeurig mogelijke digitale voltmeter aan. U moet namelijk spanningsverschillen van 10mV/°K meten en het is met een analoge multimeter doorgaans niet mogelijk dergelijke kleine verschillen nauwkeurig te meten. De weerstanden, die rond de verschil versterker voorkomen moeten uitgemeten zijn. Daarbij moet R3=R5 zijn en R4= R6. Alleen dan is de versterking van de verschilversterker nauwkeurig genoeg om zeker te zijn, dat de hysteresis binnen de +/- 1°K blijft. Als u de punten A en B met elkaar verbindt, waarvoor natuurlijk niet noodzakelijkerwijs de in het schema getekende drukknop moet worden gebruikt, dan moet de spanning op pen 8 van A3 precies 0V bedragen. Als dit niet zo is, dan zijn de verschillen tussen de bovengenoemde versterkingsbepalende weerstanden te groot.

Aansluiting en bevestiging van de temperatuursensoren.

De aansluiting van de temperatuursensoren op de print moet ongeacht de afstand altijd met afgeschermde kabel gebeuren. Als door de omstandigheden een lange leiding noodzakelijk is, dan is het aan te bevelen gebruik te maken van een lijndrijver voor elke sensor. Een beschrijving hiervan vindt u in een eerder hoofdstuk, waarin de weersafhankelijke nachttemperatuurs verlaging werd beschreven. Natuurlijk moet in dat geval tussen de aansluiting van de kabel en de beide opamps A1 en A2 de bij de drijver behorende ontvanger worden aangebracht. P1, P2 en ook C1, C2, R1 en R2 komen dan te vervallen, omdat de noodzakelijke sturing van de sensoren dan wordt overgenomen door de drijver.

Een goede thermische koppeling van de sensoren is natuurlijk noodzakelijk. De buizen, waaraan de sensoren worden gemonteerd dienen dus schoon te zijn (vrij van verf), de contactvlakken moeten met warmte geleidende pasta, zoals gebruikt bij de bevestiging van halfgeleiders aan koelplaten, worden ingesmeerd en er moet worden gezorgd voor een stevige mechanische verbinding.

Voeding van de verschilthermostaat

Aangezien de verschilthermostaat de eerste schakeling is, die niet aan de voeding van de electronische verwarmingsregeling wordt aangesloten is dit misschien het juiste moment om te overleggen, wat de beste voeding zou zijn. In principe kunnen we stellen, dat voor het voeden van de quad-opamp een voeding voor +/- 15V toereikend is. Deze zou eenvoudig met twee vaste spanningsregelaars kunnen worden gemaakt. Ook het relais kan wel

23.4 Electronische verschilthermostaat

van deze voeding gebruik maken. De relaisspoel is een 12V type, dat eenvoudig met serieweerstand R10 zonder meer uit de 15V, te voeden. Als verder geen schakelingen meer gepland zijn, zal het bouwen van een dergelijke simpele voeding de voorkeur verdienen. Het is niet verstandig de voeding voor de verschilthermostaat uit de verwarmingsregeling te betrekken, daar deze dan beslist overbelast zal worden. Met de nu reeds bestaande uitbreidingen is de voeding van de verwarmingsregeling uitgeput.
In het kader van deze artikelen, zijn nog andere energiebesparende schakelingen gepland, waardoor het de moeite loont om eens aan een centrale voeding voor alle schakelingen te denken, die verder niets met de CV-verwarmingsregeling te doen heeft. Uit deze voeding kunnen dan de hier beschreven verschilthermostaat, en alle verdere schakelingen worden gevoed, zoals bijv. een temperatuursregeling voor afzonderlijke ruimten, met electronische besturing van thermostaatventielen of een pompbewakingsschakeling. De voeding moet dan niet alleen de positieve en negatieve spanningen voor de opamps leveren, maar ook een +5V en +/- 2,73V om de referentiespanningen te kunnen genereren.

De bouwbeschrijving van een dergelijke voeding vindt u in een volgend hoofdstuk.

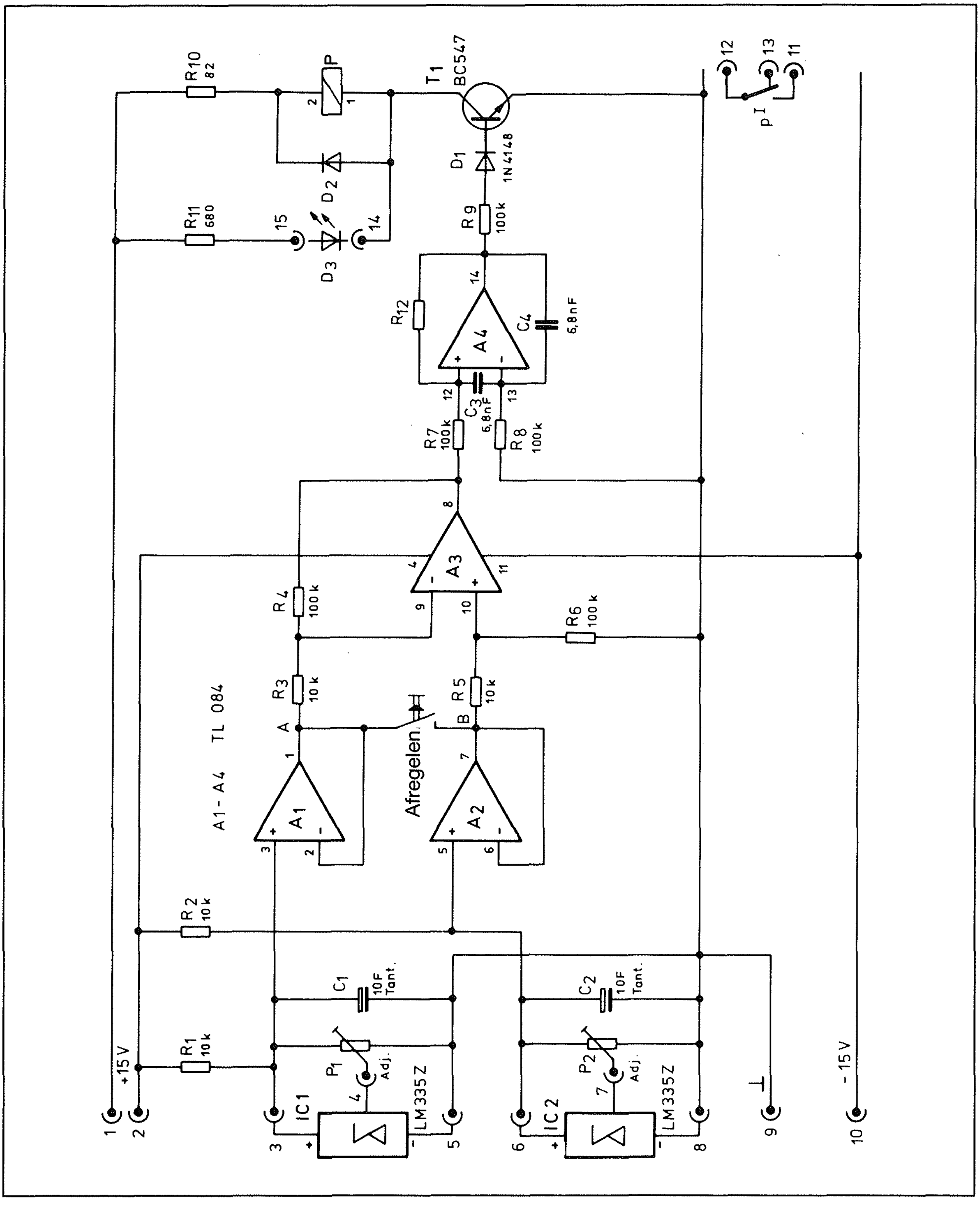
23.4 Electronische verschilthermostaat

Onderdelenlijst

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1, 2	temperatuursensoren	LM 335 Z	Nat. semic.
IC3	quad opamp	TL084	Texas instr.
T1	NPN-transistor	BC 547 B	
D1,2	diode	1N4148	
D3	LED	LEDrood	
R1,2,3,5	weerstand	10k	0,25W 1%
R4,6,7-9	weerstand	100k	0,25W 1%
R10	weerstand	82ohm	0,25W 1%
R11	weerstand	680ohm	0,25W 1%
R12	weerstand	10M	0,25W 1%
P1,2	Cermet-trimmer	10k	
C1,2	tantaalelco	10uF/16V	
C3,4	condensator	6,8nF	keramisch
-	soldeerpennen		13stuks
-	afgeschermde kabel	3 aderig	naar behoefte
-	print	85012 epoxy	
-	IC voetje	14-pens	
-	relais	1 x wissel	Conrad art.nr 50 33 63
-			
-	printkroonsteen	2poligvooransl. 10+11	
-			

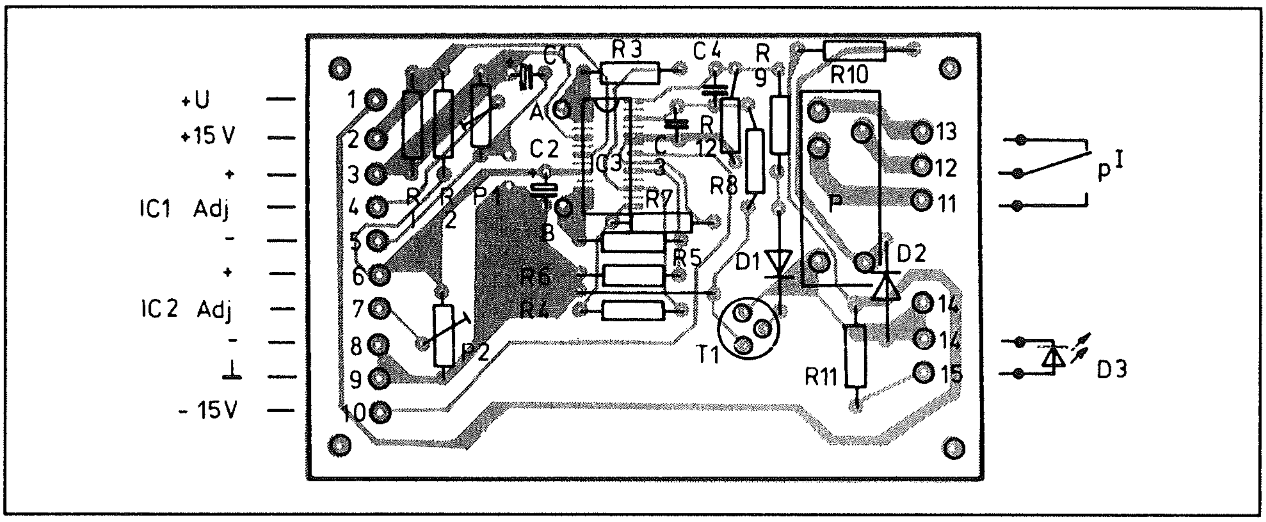
Print en bouwpakket verkrijgbaar bij:
W.Brodowsky, Athwerk 12, 6462 HX Kerkrade

23.4 Electronische verschilthermostaat



Figuur 4/14.23.4-1: Schema van de verschilthermostaat.

23.4 Electronische verschilthermostaat



Figuur 4/14.23.4-2: De onderdelenplattegrond.

23.4 Electronische verschilthermostaat

14.23.4 Elektronische verschilthermostaat

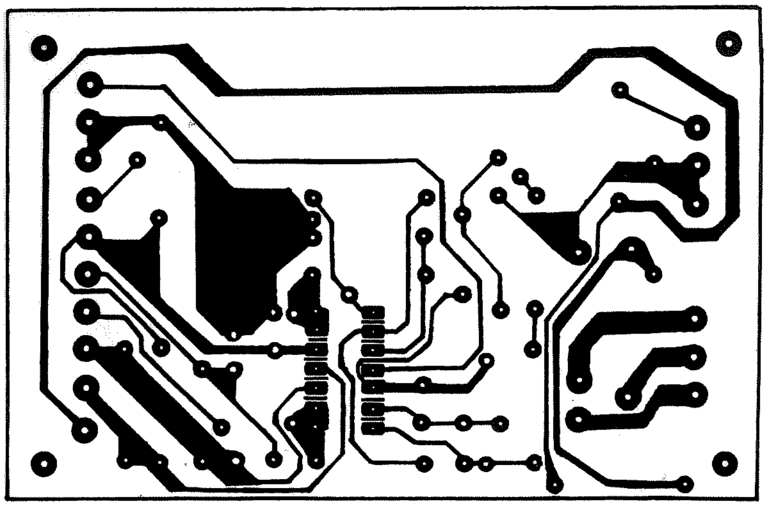


Fig. 3: De printlay-out, soldeerzijde

4/14.23.5

Netvoeding voor thermo-electronische schakelingen

De noodzaak om een aparte voeding te maken voor alle schakelingen, die bij de electronische verwarmingsregeling met kamerthermostaat behoren is al in het hoofdstuk over de verschilthermostaat aan de orde geweest, dat zullen we hier dus niet herhalen.

Om de ontworpen voeding zo universeel mogelijk te maken en dus ook toepasbaar voor andere doeleinden werd de eigenlijke spanningsregeling op een aparte print gezet. Voor de nettransformator aansluiting is een tweede print gemaakt. Absoluut noodzakelijk is dat natuurlijk niet. Wil men het vermogen van de voeding wat opschroeven dan kan dat binnen de limieten van de regelelektronica door de trafo te vervangen en grotere afvlak elco's te gebruiken.

De voeding werd ontwikkeld, uitgaande van de gedachte, dat de opamps en referentiespanningen geen grote stromen nodig hebben, echter de relais en (voor-)verwarmings elementen wel. We kwamen uit op een schakeling, die diverse uitgangsspanningen kan leveren, waarbij echter de geregelde spanningsuitgangen slechts een beperkte belasting aan kunnen, terwijl de ongeregelde spanningen ruim bemeten zijn. De voeding bleek, nadat hij niet meer nodig was om diverse schakelingen in het lab uit te proberen, als een veelzijdige voeding niet meer te missen. Alleen voor dit doel zou het al de moeite waard zijn hem na te bouwen.

Specificaties:
De volgende uitgangen zijn beschikbaar:

een niet geregelde uitgangsspanning:
+20V,0,7A

geregelde uitgangsspanningen:
+15V,100mA
+5V,100mA
+2,73V,80mA

-15V,100mA
-2,73V,100 mA

Tenslotte is er nog de regelbare uitgangsspanning U(sensor), die max. met 10 mA mag worden belast.

Alle uitgangen zijn tegelijk bruikbaar. De aangegeven stromen zijn met behulp van koeling van de spanningsregelaars, vergroten van de afvlak elco's en verzwaren van de nettrafo te vergroten, waardoor de voeding aan een veelheid van wensen kan worden aangepast.

Bij gebruik van de in de onderdelenlijst aangegeven transformator moet er voor worden gewaakt, dat niet alle in bovenstaande specificaties genoemde stromen

23.5 Netvoeding voor thermo-electronische schakelingen

tegelijkertijd worden afgenomen, omdat de trafo max. 0,8A kan leveren. Voor het verhogen van het vermogen behoeven alleen de trafo en de afvlakelco's C1 en C2 te worden gewijzigd. Dat is de reden, dat de trafo niet op de regelprint is ondergebracht en dat op de regelprint de beide elco's makkelijk zijn te wijzigen.
De voeding kan gemakkelijk in een standaard behuizing worden ondergebracht.

Beschrijving van de schakeling

De van de trafo afkomstige wisselspanning wordt door bruggelijkrichter B1 gelijkgericht en door de beide elco's C1 en C2 afgevlakt. De afgevlakte uitgangsspanning van ca. 20V komt via zekering Si2 op de uitgangsklem. Met D3 en C5 wordt eventuele restbrom onderdrukt. De grootte van de zekering is afhankelijk van het aantal aan te sluiten temperatuurregelingen voor onafhankelijke ruimten resp. het aantal te bedienen thermoventielen. Als vuistregel kan worden gesteld, dat per thermoventiel ca. 150mA nodig zal zijn. De voeding kan dat gemakkelijk aan, echter bij meer als zeven thermoventielen is het raadzaam de waarde van C1 te verhogen. Via D1 wordt de rest van de positieve voedingen ontkoppeld van de +20V.
Spanningsregelaar IC1 zorgt voor een gestabiliseerde +15V.
Diode D2 is er alleen ter bescherming van IC1. C3 en C4 onderdrukken oscilleerneigingen, zodat aan de uitgang een stabiele +15V te vinden zal zijn. Uit de +15V wordt met IC6 de positieve referentiespanning U(ref.1) van +5V verkregen. C6 en C7 dienen wederom om oscillaties te onderdrukken. De referentiespanning +U(ref.3) van +2,73V wordt door de schakeling rond IC3 verkregen. Waarbij IC4 de toch al stabiele referentiespanning van IC3 stabiliseert op precies +2,5V. In tegenstelling van wat in de kamerthermostaat schakeling gebeurt, wordt hier de spanning niet op +2,73V gebracht met een versterker, maar met een spanningsregelaar. Het voordeel is, dat deze referentiespanning wat zwaarder kan worden belast (80 mA). Afregeling is mogelijk met de trimpot P1.

Bij de negatieve voedingen vinden we allereerst een ontkoppeling met D4. Op een gelijksoortige manier als voor de +15V zorgt IC2 voor de -15V voeding. Met behulp van IC5 en P2 wordt de referentiespanning -U(ref.2) van -2,73V verkregen.

Blijft als laatste de beschrijving van de schakeling rondom IC7 en potmeter P3. De bedoeling van deze schakeling is een sensorspanning te kunnen simuleren. Het bijzondere is, dat met schakelaar S2 gekozen kan worden uit een simulatie met 10 mV/°K of 100 mV/°C. In de in het schema getekende stand is de Kelvin-mode ingeschakeld. Met P3 kan elke denkbare toepassing van de temperatuursensoren type LM 335 worden gesimuleerd. De belasting van uitgang U(sens) mag niet meer dan 10 mA bedragen.

U ziet, of u de voeding nu bouwt voor de verwarmingsregeling of als lab-voeding er zijn veel mogelijkheden in een apparaat verzameld.

Het in elkaar zetten

Als in de onderdelenlijst vermelde trafo wordt gebruikt, dan moet eerst de trafoprint worden voorzien van de zekeringhouder en de printkroonsteen voor de aansluiting van de netschakelaar. Dan de verbindingsdraden voor de regelprint aanbrengen (punten A, B en C). De draadbrug B - B' niet vergeten! Nu de

23.5 Netvoeding voor thermo-electronische schakelingen

trafo monteren. Er is ook een verbinding tussen de aansluiting van de aarddraad naar de trafokern voorzien. Dit is gedaan om aan de VDE veiligheidseisen te voldoen.

Op de inmiddels bekende manier worden de componenten op de regelprint aangebracht. Ook hier zijn de naar buiten uitgevoerde aansluitingen met printkroonstenen gemaakt. De ingangsklemmen A, B en C worden met de overeenkomstige klemmen van de trafoprint verbonden. De bruggelijkrichter is een 3-A-versie. Deze zal dus niet snel behoeven te worden aangepast. De uitgangsspanningen van de regelprint zijn ook uitgevoerd naar printkroonstenen. Bij gebruik als labvoeding zal het handig zijn de spanningen naar banaanstekerbussen te brengen. Op de punten S2R, S2W en S2A wordt de omschakelaar S2 aangesloten. In de getekende stand werkt de schakeling in de Kelvinmode, hetgeen inhoud, dat +2,73V overeenkomt met een temperatuur van 0
als S2 in de stand A wordt gezet, dan werkt de schakeling in de Celsius-mode, waarbij 0V dan overeenkomt met 0 Op deze wijze kunnen de temperatuursensoren op doeltreffende wijze worden gesimuleerd.
Wie reeds een schakeling heeft gebouwd, waarin LM 335 temperatuur sensoren voorkwamen, zal dit hulpmiddel zeker op waarde weten te schatten. Als de omgevingstemperatuur tijdens afregelen wat verandert, zit je met een simulator nog altijd goed, bij gebruik van de echte sensor kun je vaak weer opnieuw aan het afregelen gaan.

Als de instelling van U(sens) van buitenaf bereikbaar wordt gewenst, dan kan men de potmeter in het frontpaneel monteren. Op de print wordt P3 dan weggelaten. Van de potmeter worden de beide uiteinde aangesloten aan resp. de +2,73 V en punt W van S2. De loper wordt aangesloten op het punt aangeduid met P'. Bij gebruik als labvoeding is dit natuurlijk de geëigende methode.

Inbouw in een behuizing

De afmetingen van de printen zijn gemaakt op een behuizing van het type PL 7000. Dat is ook de reden van de uitsparingen in de printpaten. De montage van een en ander wijst zich vanzelf. Natuurlijk kunt u zelf een behuizing maken, of een andere behuizing toepassen. Denkt u wel aan de veiligheid. 220V is echt gevaarlijk! Zorg voor trekontlasting van het netsnoer en gebruik geaard snoer. Zet de printen vast! Zorg, dat de schakeling zijn warmte kwijt kan, zeker als hij is 'opgevoerd' met koelplaten.

Afregelen

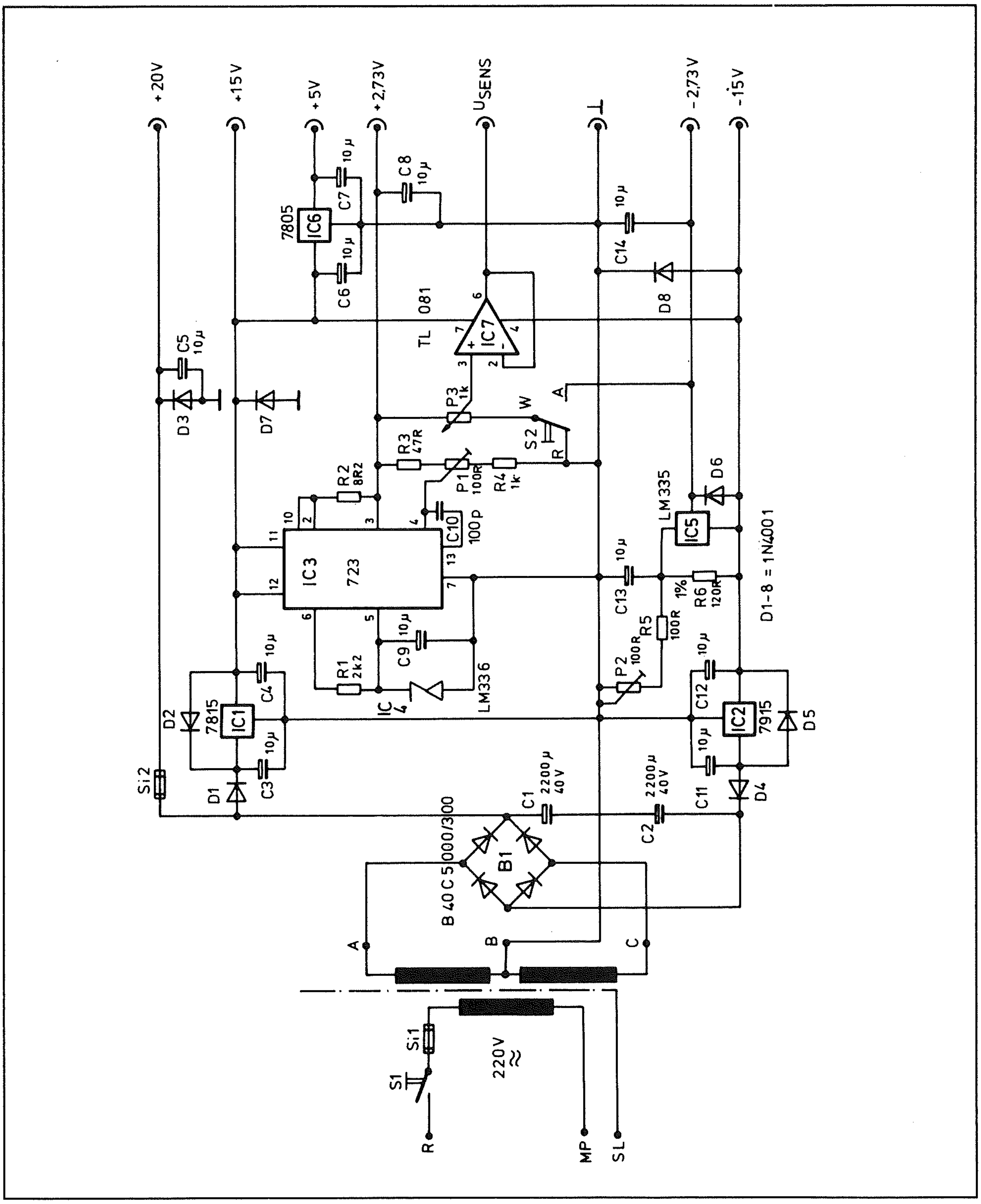
Het zal duidelijk zijn, dat er aan de +/-15V en de +5V weinig af te regelen valt. De enige spanningen, die voor afregelen in aanmerking komen zijn de +/-2,73V. Daartoe zijn de trimpots P1 en P2 aangebracht. Deze afregeling moet worden gedaan als de voeding al warm is, daar anders afwijkingen op kunnen treden. Het kan zijn, dat u deze spanningen nogmaals moet afregelen, omdat de schakeling eenmaal in de behuizing warmer wordt, dan op tafel.
De spanning U(sens) behoeft natuurlijk niet afgeregeld te worden, daar deze als variabel is bedoeld.
Zijn alle werkzaamheden voltooit, dan staat niets de ingebruikname meer in de weg.

23.5 Netvoeding van thermo-electronische schakelingen

Onderdelenlijst

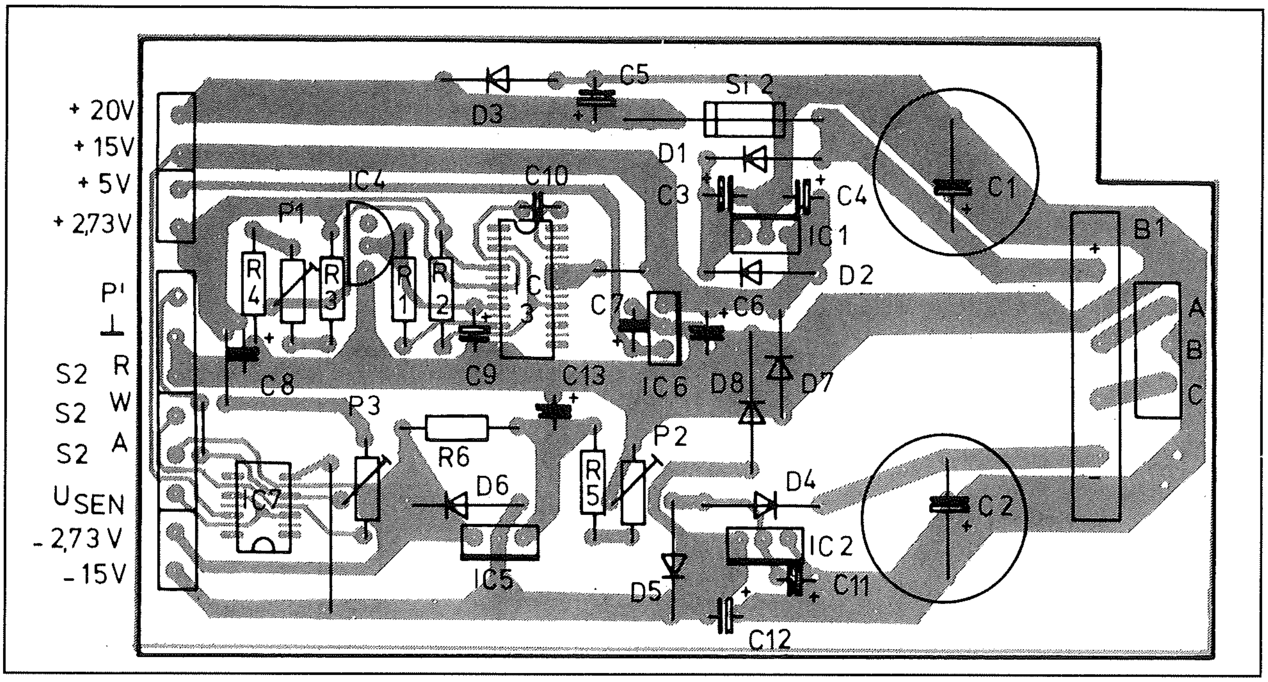
Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	spanningsregelaar	uA 7815Z	
IC2	spanningsregelaar	uA 7915	
IC3	spanningsregelaar	uA 723	
IC4	referentiediode	LM 336 TO 92	
IC5	spanningsregelaar	LM 335 TO 220	
IC6	spanningsregelaar	uA7805	
IC7	opamp	TL 081	
B1	brugcel	B 40 C 5000/300	
D1-8	diode	1N40001-7, 1A	
R1	weerstand	2k2	0,25W 1%
R2	weerstand	8,2 ohm	0,25W 5%
R3	weerstand	47 ohm	0,25W 1%
R4	weerstand	1k	0,25W 1%
R5	weerstand	100 ohm	0,25W 1%
R6	weerstand	120 ohm	0,25W 1%
P1, 2	Cermet-trimmer	100 ohm	10%
P3	kool-potCerme	1k	10%, zie tekst
C1, 2	elco	2200 uF/40 V	staand
C3-9	tantaal elco	10 uF/35 V	
C10	condensator	100 pF	keramisch
C11-14	tantaal elco	10 uF/35 V	
NT1	nettrafo	2x15V/1, 4A of 2,6A	
S1	tuimelschakelaar	1 x aan / 220V	
S2	tuimelschakelaar	1 x wissel	
Si1	zekering	100 mA, traag	
Si2	zekering	800 mA, traag	
-	printkroonsteen	2 polig	6 stuks
-	printkroonsteen	3 polig	4 stuks
-	behuizing	P1 7000 of andere	
-	zekeringhouder	schroefversie	voor Si1
-	zekeringhouder	printversie	voor Si2
-	print	86003	
-	print	86004	

23.5 Netvoeding van thermo-electronische schakelingen

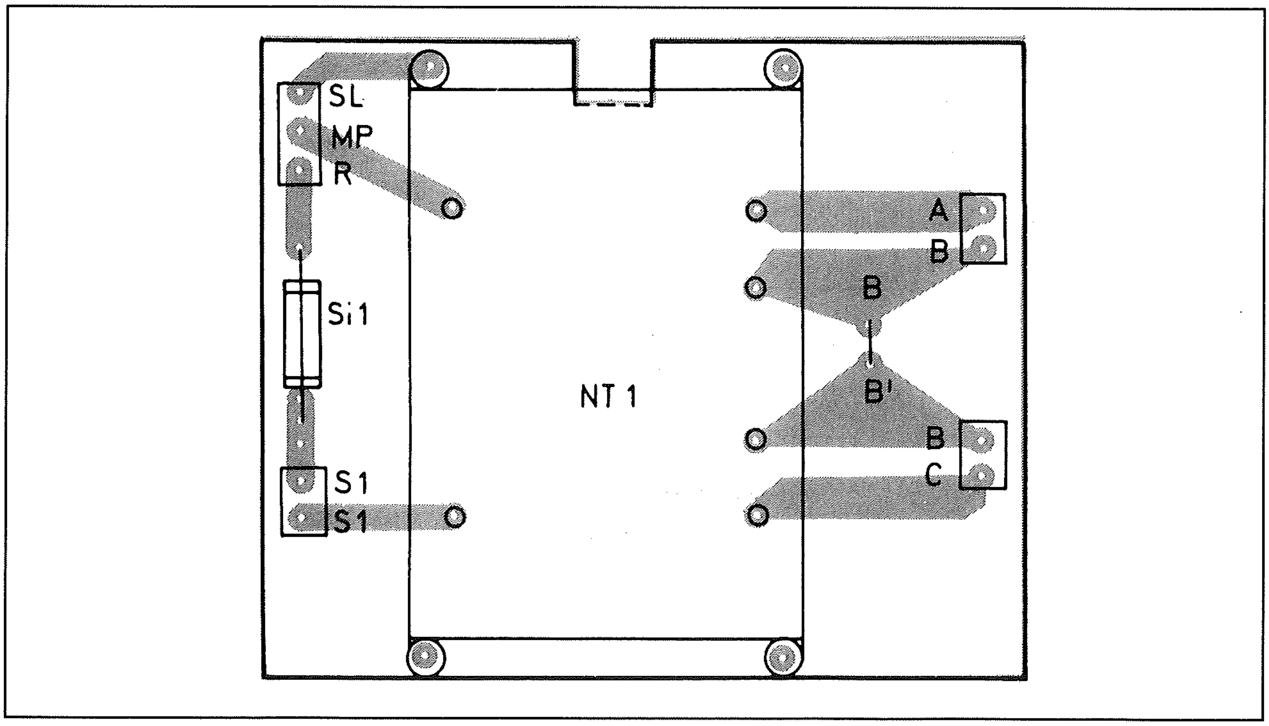


Figuur 4/14.23.5-1: Het schema van de voeding.

23.5 Netvoeding voor thermo-electronische schakelingen



Figuur 4/14.23.5-2: Lay-out van de regelprint.



Figuur 4/14.23.5-3: Lay-out van de trafoprint.

14.23.5 Netvoeding voor thermo-elektronische schakelingen

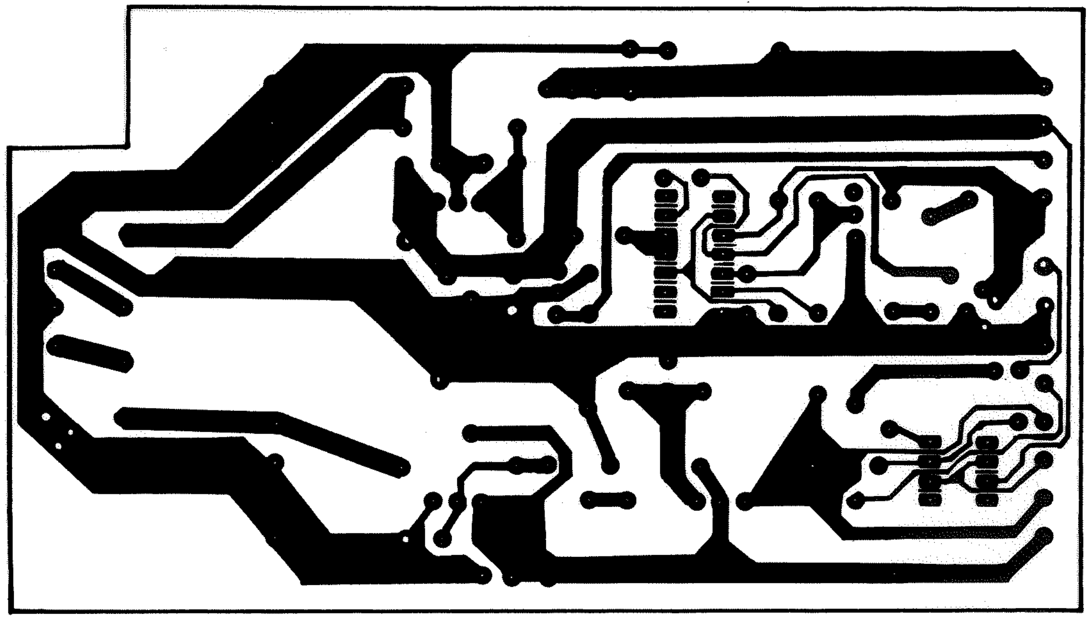


Fig. 4: Lay-out van de regelprint (soldeerzijde)

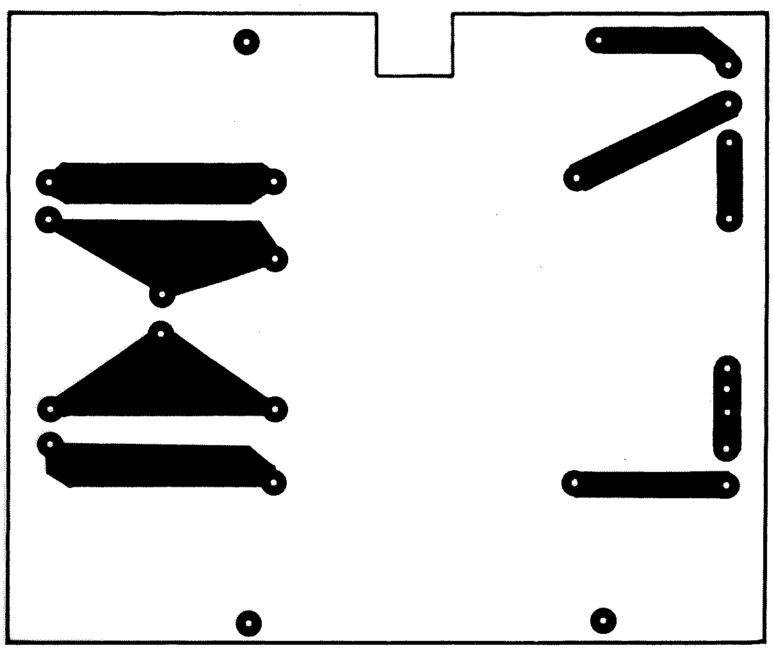


Fig. 5: Lay-out van de trafoprint (soldeerzijde)

4/14.23.6

Schakelklok uitbreiding

Inleiding

Met de schakelklok uitbreiding en de buitenthermostaat wordt de verwarmingsregeling een volautomatisch regelsysteem, en biedt daarbij het hoogst denkbare comfort. Natuurlijk kan de kamerthermostaat ook zonder een schakelklok worden gebruikt, aangezien de temperatuursverlaging voor de nacht ook met de schakelaar 'manuele nachtverlaging' bediend kan worden. De voordelen van een geautomatiseerde oplossing liggen echter voor de hand.

- Met een schakelklok wordt het omschakelen van dag- op nachtstand niet vergeten.

- Bij handbediening wordt de nachtstand meestal pas ingeschakeld, als de laatste bewoner de kamer verlaat. De schakelklok kan de nachtstand al een uur of langer voor de tijd, dat de bewoners gebruikelijkerwijze naar bed gaan inschakelen. De nog in het systeem en de woning aanwezige warmte zal de kamer lang genoeg op een aangename temperatuur houden. Vindt men het te koud worden dan bevordert de schakeling dat men op tijd naar bed gaat, of bewust een keuze maakt voor een hoger energieverbruik. Een uur per dag bij ongeveer 250 stookdagen per jaar scheelt aanzienlijk op uw stookkosten!

Beschrijving van de schakeling

Het hart van de schakeling is een standaard in de handel verkrijgbare schakelklok, zoals bijvoorbeeld een 'Diehl-Multimat'. Ook andere klokken zijn te gebruiken, als er maar 220V mee wordt doorgeschakeld. De verbinding van een dergelijke klok met onze verwarmingsregeling gebeurt met de hier beschreven optieprint.

Om het nachtrelais te schakelen, moeten we de massa kunnen schakelen. Daarbij geldt de volgende conventie:

- aarde aanwezig = nachtstand;
- aarde niet aanwezig = dagstand.

Bij een 'Diehl Multimat' type schakelklok moeten voor de dagstand de ruitertjes uitgetrokken zijn, terwijl voor de nachtstand de ruitertjes ingedrukt moeten worden. Dus de ingedrukte ruitertjes bepalen de begintijd en tijdsduur van de nachtstand. Bij ingedrukte ruitertjes staat de netspanning van 220V op het stopcontact van de klok. De printtransformator Tr1 maakt van deze spanning ongeveer 6V. Deze spanning wordt door de bruggelijkrichter, gevormd door de diodes D1 tot D4, gelijkgericht en met behulp van de electrolytische condensator C1 van brom ontdaan, zodat over R1 een mooie gelijkspanning staat.

23.6 Schakelklok uitbreiding

Aangezien op de emitter van schakeltransistor T1 de waarde 'AM ligt, zal de spanning op de basis de transistor in geleiding brengen, waarmee ook punt SU aan aarde komt. Daardoor zal het 'NA-relais' bekrachtigd worden, als tenminste de schakelaar S3 niet in de manuele stand staat. Zie ook het schema van figuur 4/4.23-3.

Bouw

Deze uitbreiding van de verwarmingsregeling kan met het printje van figuur 4/14.23.6-2 en 3, gemakkelijk gebouwd worden. Het mooist is het printje in te bouwen in een steker-behuizing van het in de onderdelenlijst aangegeven type. Daarvoor moet het printje wel goed op maat zijn, inclusief de getekende uitsparing. Andere inbouwmogelijkheden laten we aan uw eigen inventiviteit over! Voor de trafo kan ook een andere type worden gebruikt. Als de secondaire spanning afwijkt van wat is aangegeven, kan het echter noodzakelijk zijn R1 dienovereenkomstig aan te passen.

De schakelklok kan men daar plaatsen waar dat het beste uitkomt. De verbinding naar het NA-relais in de verwarmingsregeling is niet kritisch. Afgeschermde kabel is niet nodig. Er wordt immers geschakeld met het aardpotentiaal AM.

Voor de verbinding van de 220V steker naar het printje wordt een kort stukje soepel netsnoer gemaakt, waarbij men voor de verbinding met het printje het best een tweepolig printblokje gebruikt. **Denk om de veiligheid u werkt met 220V!** Rest nog de verbinding van het printje met de punten AM en SU in de verwarmingsregeling. Hiervoor kunt u een dun tweeaderig snoertje gebruiken, bijvoorbeeld luidsprekersnoer. Hierna staat niets een volautomatisch bedrijf van uw verwarmingsregeling meer in de weg!

Onderdelenlijst

Weerstand, 1/4 W

R1 = 1Ω

Condensator

C1 = 22 → 47μF, 16 V print-elco

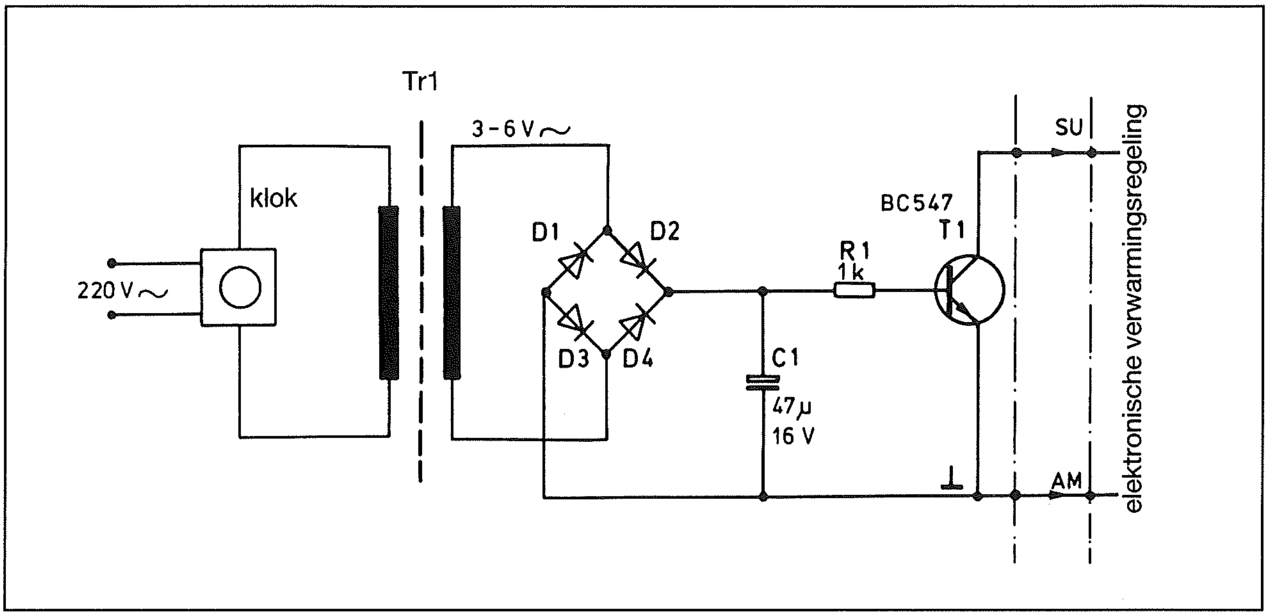
Halfgeleiders

D1-D4 = 1 N 4148
T1 = BC 547 B

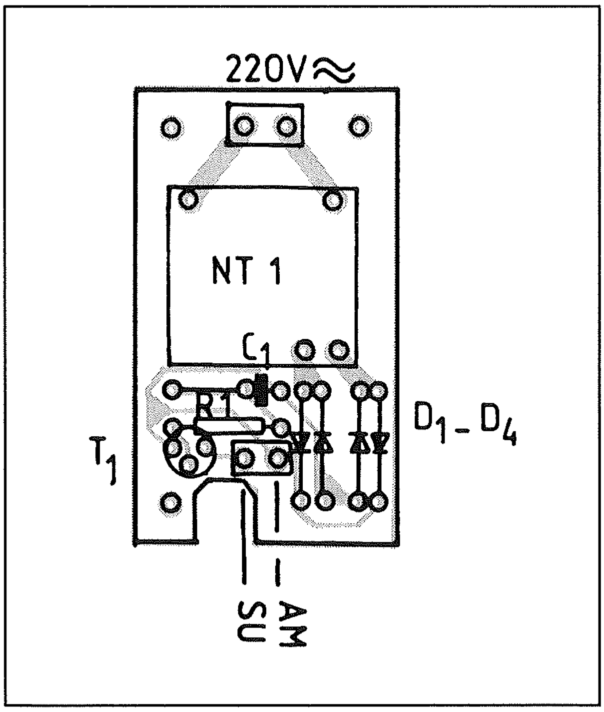
Diversen

1 x behuizing, steker-type
De Windmolen nummer 522716
1 x trafo 6 V secundair, print
1 x 2-polig printkroonsteentje
1 x printje, 60 x 35 mm²

23.6 Schakelklok uitbreiding



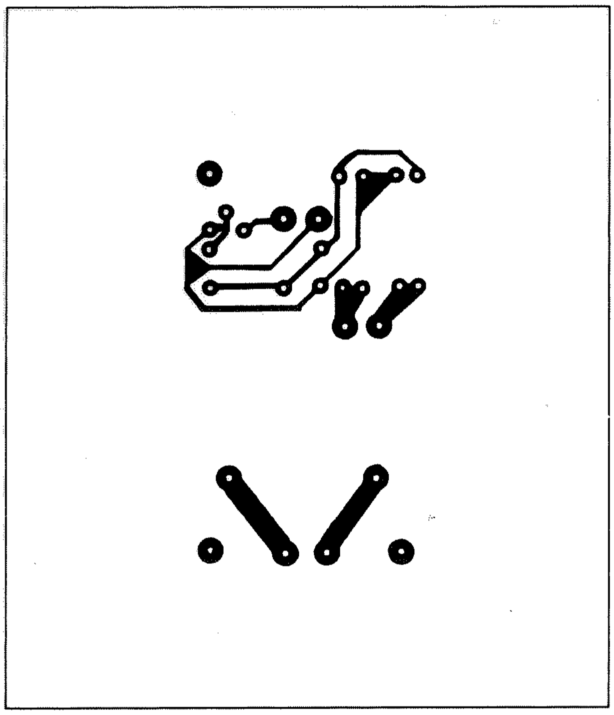
Figuur 4/14.23.6-1: Het schema.



Figuur 4/14.23.6-3: Onderdelenopstelling.

23.6 Schakelklok uitbreiding

23.6 Schakelklok uitbreiding



Figuur 4/14.23.6-2: Het printje.

4/14.25

Universele geluidsschakelaar met geheugen

Inleiding

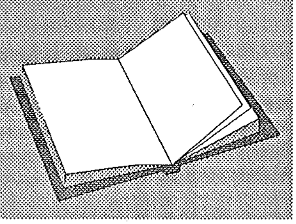
De in dit hoofdstuk beschreven schakeling stuurt een schakeluitgang afwisselend hoog en laag op commando van een geluidssignaal. Hoewel de schakeling in principe op allerlei soorten geluid reageert is het systeem, door gebruik te maken van een afgestemde versterker, het gevoeligst voor fluitsignalen. De schakeling is zeer gevoelig en heeft een bereik van ongeveer tien meter. Men kan dus bijvoorbeeld de verlichting in een kamer in- en uitschakelen door simpelweg twee maal te fluiten. Door een ingebouwde vertraging zal het systeem alleen reageren als het fluitsignaal ongeveer een seconde wordt aangehouden. Op deze manier is het systeem volledig ongevoelig voor allerlei korte stoorsignaaltjes. Deze vertragingstijd is overigens heel eenvoudig op een langere of kortere tijd in te stellen.

Het blokschema

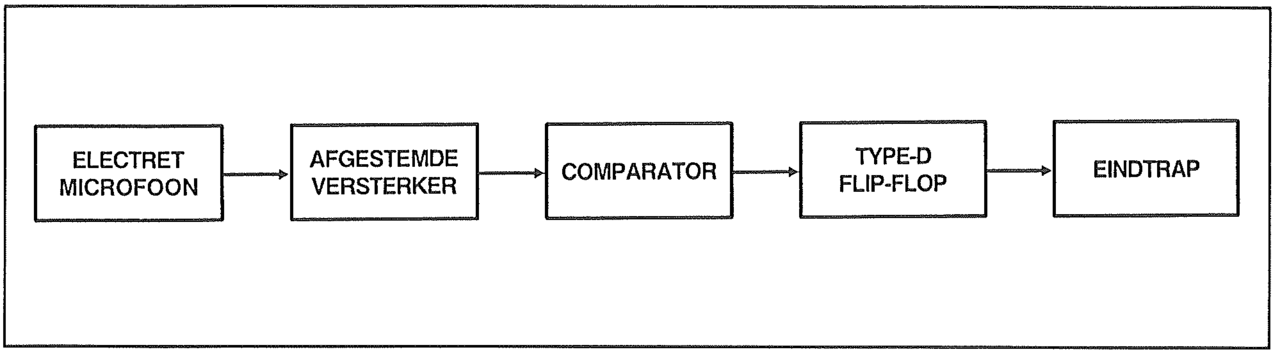
Het blokschema van het apparaatje is getekend in figuur 4/14.25-1. De schakeling wordt gestuurd door een zeer gevoelig electret-microfoontje met ingebouwde FET-voorversterker. Na deze eerste voorversterking volgt een afgestemde versterker, met een bandbreedte van 700 Hz tot 2 kHz.

Het versterkte wisselspanningssignaal wordt vervolgens aan een zeer gevoelige comparator aangeboden, die het sinusvormige uitgangssignaal van het filter omzet in een mooie pulsspanning. Deze pulsspanning wordt via een topdetector met zeer grote tijdconstante omgezet in een gelijkspanning, waarvan de grootte recht evenredig is met de tijdsduur van het fluitsignaal. Deze gelijkspanning stuurt de clock-ingang van een type-D flip-flop. De $\overline{Q}$-uitgang van deze flip-flop is rechtstreeks teruggekoppeld naar de D-ingang. Door deze terugkoppeling zal de flip-flop omklappen als het signaal op de clock de "H"-drempel overschrijdt. Het eerste ontvangen fluitsignaal zet de Q-uitgang van de flip-flop dus op "H", het tweede signaal stuurt deze uitgang weer naar "L". De Q-uitgang van de flip-flop wordt afgesloten door een emittervolger met open-emitter uitgang. Hierop kan men rechtstreeks een 12 V belasting aansluiten, maar bijvoorbeeld ook de spoel van een relais, zodat men ook netspanningsbelastingen kan schakelen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.27
Hoofdstuk 3/12.3



14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen



Figuur 4/14.25-1: Het blokschema van de voice-switch.

De flip-flop heeft door de STARTUP RESET een bepaalde voorkeurstand bij het inschakelen van de voeding. Hierdoor wordt voorkomen dat de belasting wordt ingeschakeld als de geluidsschakelaar met de voeding wordt verbonden.

Het praktisch schema

Het volledig uitgewerkt praktisch schema van de voice-switch is getekend in figuur 4/14.25-2. Het electret microfoonkapseltje heeft, vanwege de ingebouwde FET-versterker, drie aansluitingen. Twee aansluitingen worden verbonden met de voedingsspanning en de massa, op de derde aansluiting staat het versterkte uitgangssignaal.

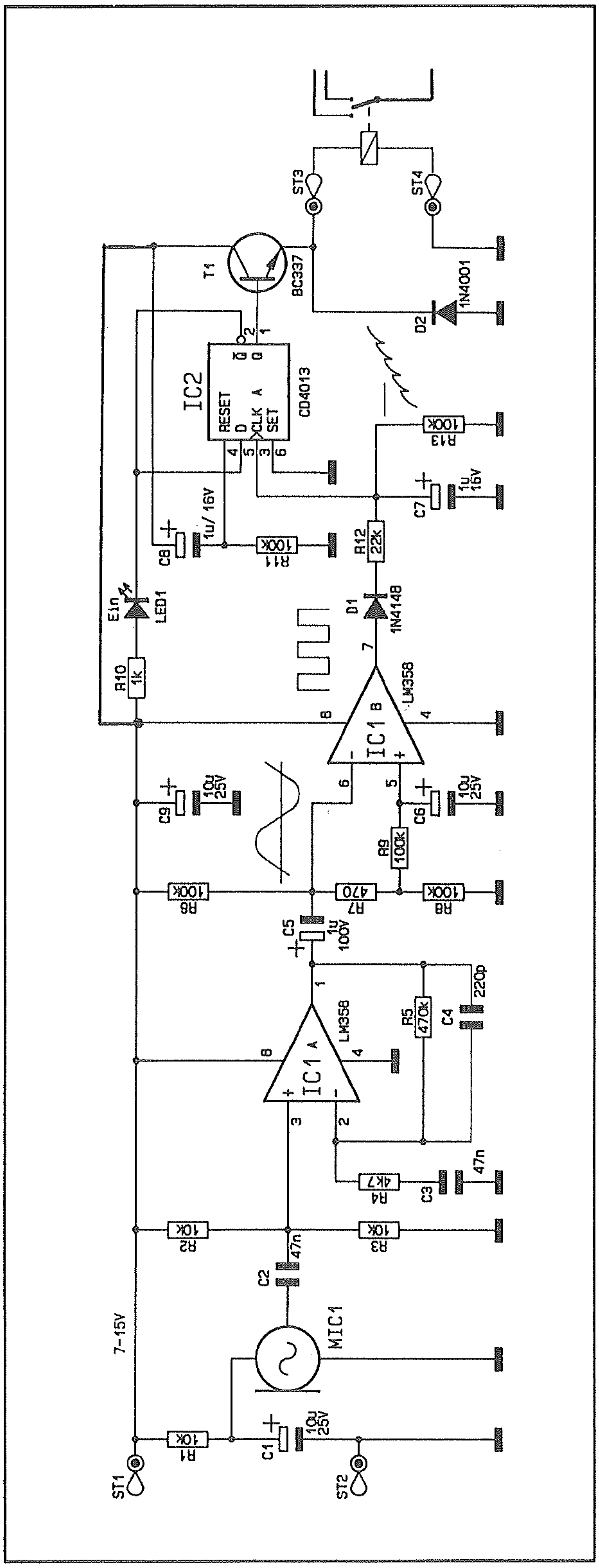
Alle leverbare electret-kapsels hebben een gestandaardiseerde aansluiting, die getekend is in figuur 4/14.25-3.

De voedingsspanning voor de FET-voorversterker moet goed afgevlakt zijn. Vandaar wordt deze spanning nog eens extra afgevlakt door middel van het RC-netwerkje R1/C1. De afgestemde versterker is samengesteld rond de operationele versterker IC1A. De instelling van deze trap wordt verzorgd door de weerstandsdeler R2/R3. Beide weerstanden zijn even groot, met als gevolg dat deze ingang op de helft van de voedingsspanning komt te staan. Het uitgangssignaal van het electret-kapseltje moet bijgevolg via een scheidingscondensator C2 aan dit punt worden aangeboden. De waarde van deze condensator is kritisch, want deze bepaalt mede de doorlaatkarakteristieken van de versterker.

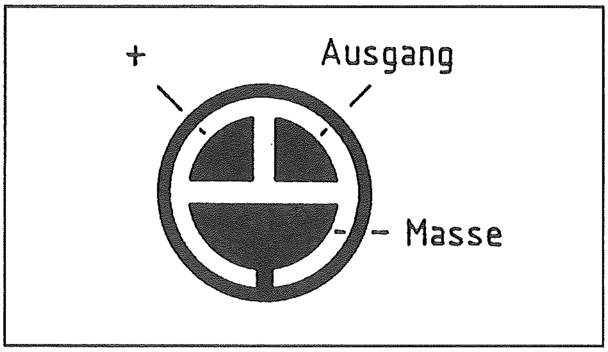
Hoe groter de waarde van deze condensator, hoe meer lage frequenties versterkt worden. De wisselspanningsversterking van de trap wordt ingesteld door de twee terugkoppelweerstanden R4 en R5. De 1/100-verhouding legt de versterking in de doorlaatband vast op honderd. De seriecondensator C3 zorgt ervoor dat lage frequenties veel minder versterkt worden. Voor gelijkspanning heeft dit onderdeel een oneindig hoge weerstand. De schakeling reduceert zich dan tot een signaalvolger, zodat de versterking terugvalt tot een. De versterking van hoge frequenties wordt gereduceerd door de parallelcondensator C4. Voor hoge frequenties heeft deze een impedantie die verwaarloosbaar is ten opzichte van de weerstand R5. Het gevolg is dat ook nu de schakeling gaat werken als spanningsvolger met een versterking van een. De waarde van de drie condensatoren C2, C3 en C4 zijn zo gekozen dat de frequentieband tussen 700 Hz en 2 kHz het meest versterkt wordt. Men moet er echter wel rekening mee houden dat het filter niet scherp begrenst.

De comparator is samengesteld rond de operationele versterker IC1B.

14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen



Figuur 4/14.25-2: Het volledig uitgewerkt schema van de voice-switch.



Figuur 4/14.25-3: De aansluitgegevens van een electret-kapseltje. De drie vlakjes zijn vertind en men kan er met de nodige voorzichtigheid draadjes aan solderen.

De weerstandsdeler R6 tot en met R8 stelt beide ingangen in op ongeveer de helft van de voedingspanning. Door de kleine weerstand R7 wordt de inverterende ingang echter iets positiever ingesteld dan de niet-inverterende ingang. Dit spanningsverschil bedraagt met de gekozen onderdelen ongeveer 20 mV. Het gevolg is dat de uitgang van de operationele versterker in ieder geval vast loopt tegen de massa. De niet-inverterende ingang is bovendien via een tijdvertragende kring R9/C6 met de instelspanning verbonden. De werking is als volgt. Als de versterker plotseling een uitgangssignaal levert via de scheidingscondensator C5 zal dit signaal rechtstreeks op de inverterende ingang terecht komen. Het signaal wil ook doordringen tot de niet-inverterende ingang, maar het vertragend netwerk R9/C6 zorgt ervoor dat dit een bepaalde, tamelijk grote tijd duurt. Het gevolg is dat de negatieve signaalhelften de inverterende ingang negatiever sturen dan de niet-inverterende ingang. De uitgang van de operationele versterker zal dan vastlopen tegen de voedingsspanning. Zolang de versterker dus een wisselspanningssignaal levert zal de uitgang van de comparator

14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen

met dezelfde frequentie omschakelen tussen de massa en de voedingsspanning.
Het blokvormig uitgangssignaal van de comparator wordt vervolgens gelijkgericht door de diode D1. Als de uitgang van de comparator positief is gaat de diode geleiden en vloeit er een stroompje via de weerstand R12 naar de condensator C7. Als de uitgang van de comparator op de massa staat zal de diode sperren en kan de lading van de condensator alleen afvloeien via de zeer hoge weerstand R13. Het gevolg is dat de condensator sprongsgewijs wordt opgeladen en de condensatorspanning dus langzaam stijgt. Bij ononderbroken fluitsignaal zal de spanning na ongeveer een seconde groot genoeg zijn om de flip-flop te triggeren. Valt het signaal echter eerder weg, dan zal de spanning over de condensator wegvloeien via de weerstand R13, zodat de schakeling niet triggert. Als flip-flop is gekozen voor de zeer robuuste en met Schmitt-trigger ingangen uitgeruste CD4013. De reset wordt via de weerstand R11 met de massa verbonden en via de condensator C8 met de voedingsspanning. Bij het inschakelen van deze spanning zal de condensator de plotselinge spanningspuls doorlaten, waardoor de reset even "H" wordt en de flip-flop in ieder geval opstart met de Q-uitgang op "L". Op dat moment is de $\overline{Q}$-uitgang natuurlijk "H". Dit signaal wordt rechtstreeks teruggekoppeld naar de D-ingang. De werking van een type-D flip-flop is als volgt. Als de clock van "L" naar "H" gaat, dan zal de Q-uitgang het logische niveau van de D-ingang overnemen. Als de spanning over de condensator C7 dus gelijk wordt aan het triggerniveau van de clock, zal Q naar "H" gaan. De $\overline{Q}$-uitgang gaat dan natuurlijk naar "L", hetgeen ook het nieuwe signaal op de D wordt. De flip-flop heeft zich nu dus klaar gemaakt om opnieuw om te klappen als het signaal op de clock weer van "L" naar "H" gaat.
De Q-uitgang van de flip-flop stuurt rechtstreeks de basis van de emittervolger T1. De belasting moet aangesloten worden tussen de emitter en de massa. De diode D2 beschermt de eindtrap tegen de tegen-emk van een eventueel als belasting aangesloten relaisspoel. Het in- en uitschakelen van de belasting wordt op de print aangegeven door middel van de LED 1. Deze is, via de stroombegrenzende weerstand R10, aangesloten tussen de voedingsspanning en de $\overline{Q}$-uitgang. De LED gaat dus branden als de Q-uitgang "H" is. Dan is immers de $\overline{Q}$ "L" en kan er stroom door de LED vloeien. Via ST1 wordt de voeding voor de elektronica verzorgd. Deze spanning kan liggen tussen +7 V en +15 V. Meer dan 15 V is absoluut verboden, want dan gaat de flip-flop stuk!

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1,R2,R3	=	10	kΩ	
R4	=	4,7	kΩ	
R5	=	470	kΩ	
R6,R8,R9,				
R11,R13	=	100	kΩ	
R7	=	470	Ω	
R10	=	1	kΩ	
R12	=	22	kΩ	

Condensatoren:

C1,C6,C9	=	10	µF	25 V elco
C2,C3	=	47	nF	MKH
C4	=	220	pF	ceramisch
C5	=	1	µF	100 V elco
C7,C8	=	1	µF	16 V elco

Halfgeleiders:

D1	=	1N4148

14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen

D2	=	1N4001
LED1	=	3 mm rood
T1	=	BC337
IC1	=	LM358
IC2	=	CD4013

Diversen:

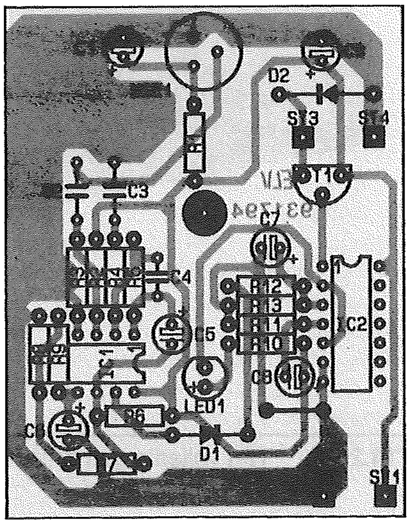
1 x electret kapsel
4 x printsoldeerlipje
1 x 8-pens IC-voetje
1 x 14-pens IC-voetje

De bouw van de schakeling

Alle onderdelen worden ondergebracht op het printje dat in figuur 4/14.25-4 op de transparante pagina is voorgesteld. De bouw van de schakeling zal, aan de hand van de componentenopstelling van figuur 4/14.25-5 en de mooie foto van figuur 4/14.25-6, wel geen problemen geven.
De gemonteerde print kan in een klein, plat kunststof kastje worden gemonteerd en tegen de kamerwand geschroefd. In de voorkant worden twee gaatjes geboord, een voor het microfoontje en een voor de LED. De belasting wordt door middel van een twee-aderig snoertje met het kastje verbonden. Zelfs als men een relais als belasting gebruikt kan men dit systeem toepassen. Het relais wordt dan gemonteerd bij de te schakelen netgevoede belasting, zodat men zo min mogelijk moet wijzigen aan de 220 V bedrading in huis. Het geheel kan gevoed worden uit een klein netstekervoedinkje.

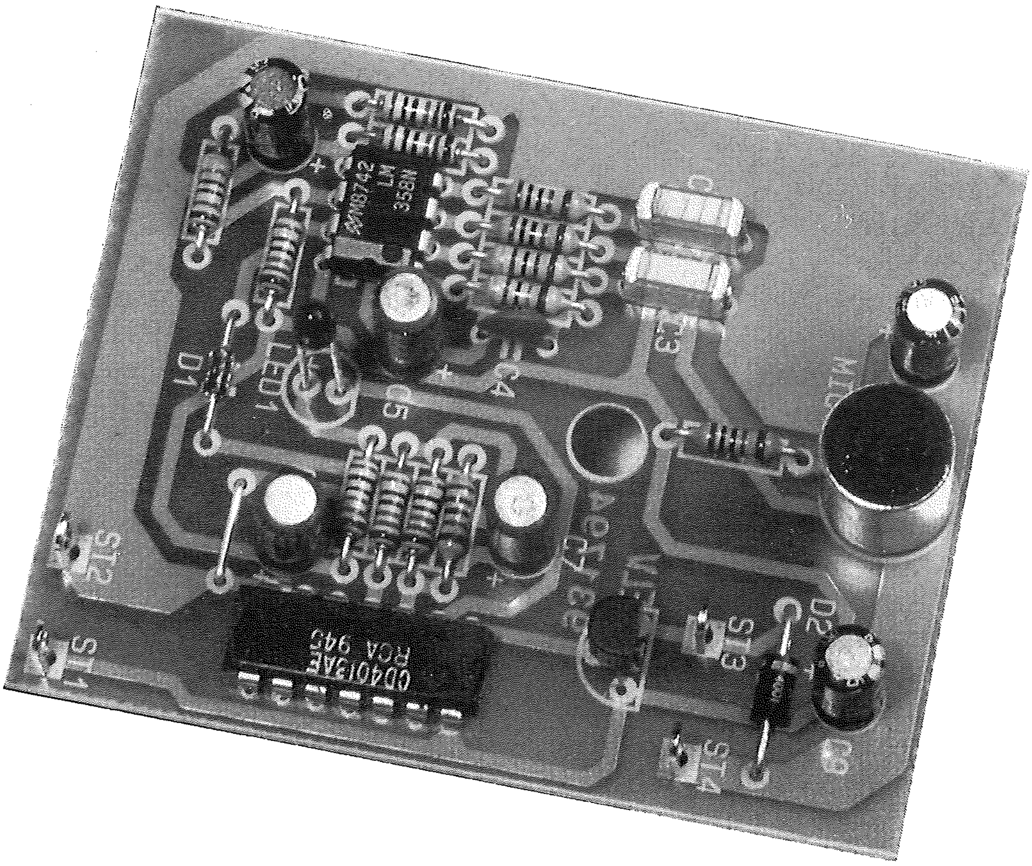
Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze voice-switch in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal, telefoon 05486-17475, fax 05486-12678. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 12622 voor de elektronische onderdelen en code 12623 voor de print. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.



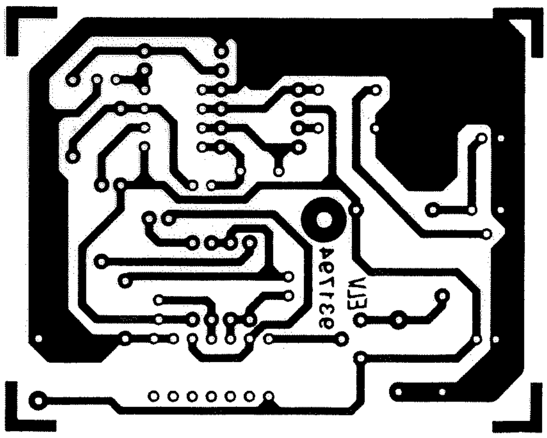
Figuur 4/14.25-5: De componentenopstelling van de voice-switch.

14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen



Figuur 4/14.25-6: Het volledig gemonteerde proto-type van de universele geluidsschakelaar.

14.25 Universele geluidsschakelaar met geheugen



Figuur 4/14.25-4: De print van de schakeling.

4/14.27

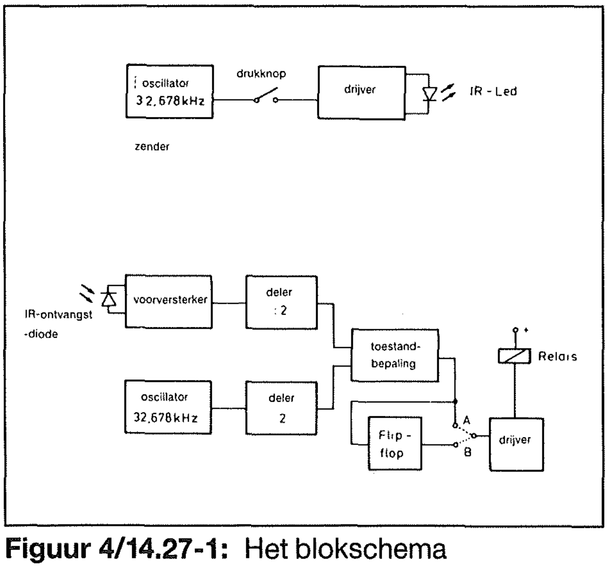
Infrarood afstandsbediening

De hier beschreven schakeling is een universele afstandsschakelaar, waarbij gebruik wordt gemaakt van infrarood licht. De zender heeft een batterijvoeding. De ontvanger kan naar believen worden gevoed uit een batterij of uit een eenvoudige netvoeding. De uitgang van de ontvanger biedt twee verschillende schakelmogelijkheden, te weten: hetzij een signaal, dat begint bij het indrukken van de drukknop op de zender en eindigt bij het weer loslaten (puls-werking), hetzij een signaal dat begint bij het indrukken van eerder genoemde drukknop en eindigt bij een tweede maal indrukken (omschakelwerking). De ontvanger schakelt een relais. Wat er uiteindelijk kan worden geschakeld is afhankelijk van het gekozen relais, terwijl er een optimale isolatie tussen ontvanger (primaire zijde) en te schakelen belasting (secondaire zijde) is. De reikwijdte van de zender is minstens 10 meter, zonder optische hulpmiddelen, zoals voorzetlenzen.

Een overzicht van het geheel

De schakeling werkt met een gepulst infrarood signaal met een frequentie van 32,768 kHz. Aan de ontvangstzijde wordt het versterkte signaal vergeleken met het signaal van een oscillator, die op dezelfde frequentie is ingesteld. Als beide frequenties gelijk zijn, wordt de uitgangstrap geactiveerd.
Fig. 4/14.27-1 is het blokschema van zender en ontvanger.

Het schema van de zender vindt u in fig. 4/14.27-2. De zender bestaat uit een kristaloscillator en een drijvertrap met een infrarood-diode. De oscillator werkt continu. Met de drukknop wordt het oscillatorsignaal aan de drijvertrap aangeboden.

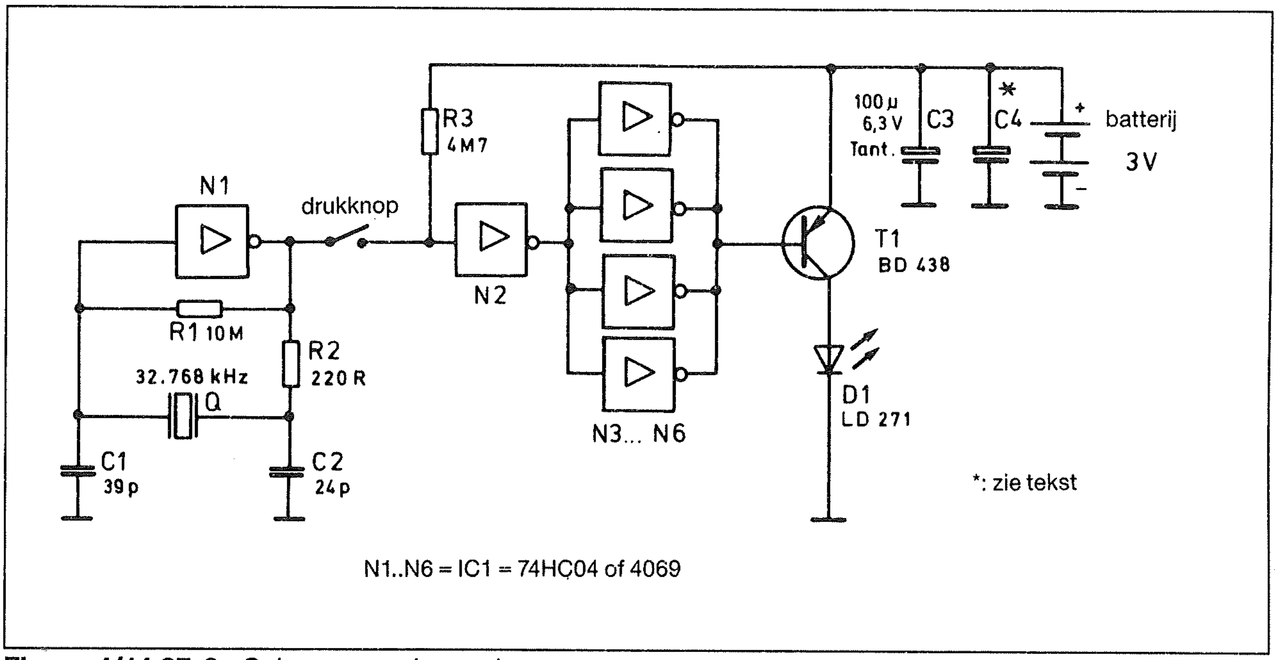


Figuur 4/14.27-1: Het blokschema

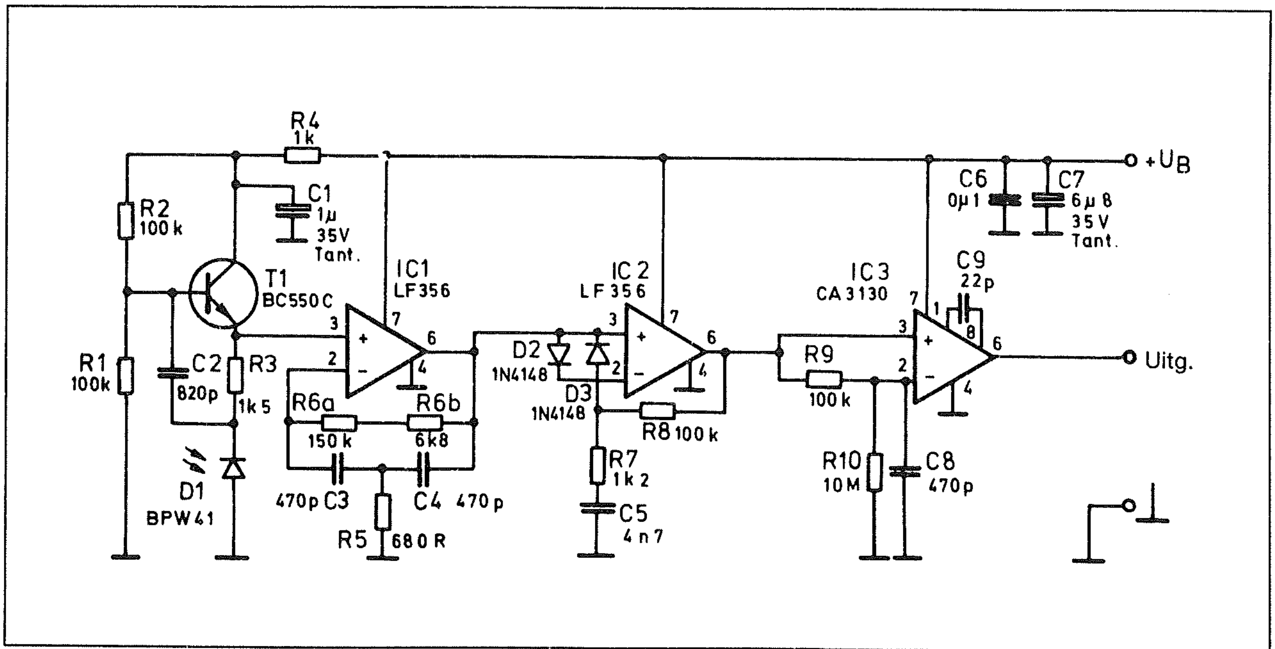
Het door een infrarood-ontvangstdiode ontvangen signaal wordt eerst aan een tweetraps voorversterker aangeboden, die het gewenste frequentiegebied versterkt en omzet in een blokgolf. De achterliggende deler halveert de fre-

14.27 Infrarood afstandsbediening

quentie van de blokgolf. Dit signaal wordt vergeleken met een signaal van 16,384 kHz, dat van een oscillator in de ontvanger afkomstig is. Het relais kan naar believen direct aan de uitgang van de vergelijkingstrap worden aangesloten, of via een flip-flop.



Figuur 4/14.27-2: Schema van de zender.



Figuur 4/14.27-3: Schema van de voorversterker.

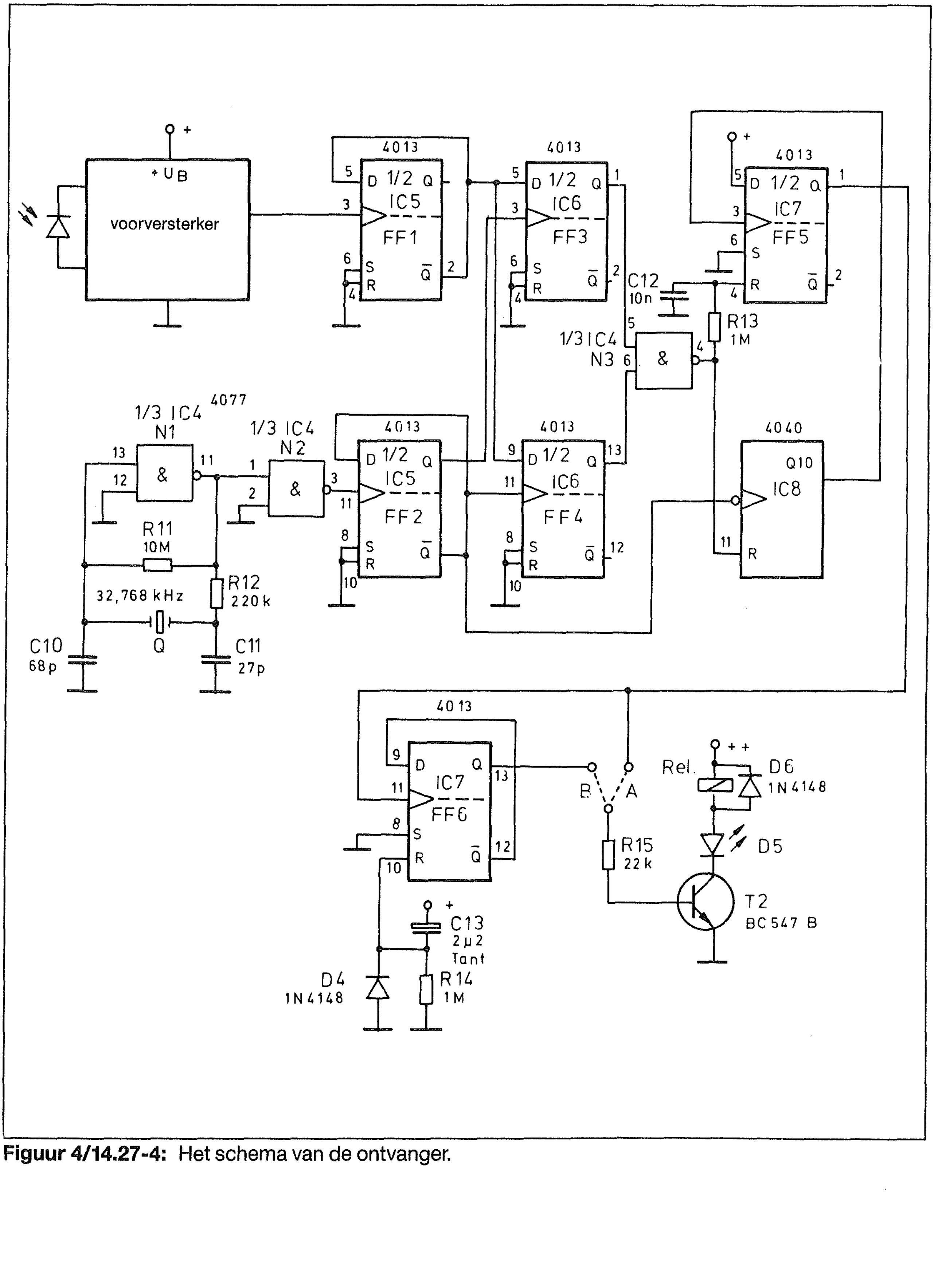
14.27 Infrarood afstandsbediening

De zender

De zender wordt gevoed uit een kleine knoopcel, type 'Micro' of 'Lady'. De cel levert een voedingsspanning van 3 Volt. De kristaloscillator en de drijver voor de uitgangstransistor worden gevormd door een CMOS inverter. Hiervoor kan zowel een 74HC04 worden gebruikt, als een 4069. Beide IC's zijn pen-compatibel. Het voordeel van de (duurdere) 74HC04, is dat zijn specificaties garanderen, dat hij reeds werkt bij een voeding van 2 Volt. Hoewel een 4069 eigenlijk 3 Volt nodig heeft werkt hij in de meeste gevallen bij 2 Volt nog zonder problemen. In de oscillator is een kristal toegepast, dat goed verkrijgbaar is. Het wordt veel gebruikt in horloges. De relatief lage frequentie laat het toe de oscillator altijd aan te laten. Alleen de drijvertrap, die wel wat meer energie consumeert wordt met de drukknop ingeschakeld. Door deze opbouw is men verzekerd van een constante oscillatorfrequentie. Als de oscillator ook meegeschakeld wordt treden bij het starten van de oscillator vaak ongewenste inschakelschommelingen op. Het ruststroomverbruik van de zender is slechts 3 uA. Als men de drukknop indrukt, schakelt inverter N2 de parallelgeschakelde inverters N3...N6, die gezamenlijk voldoende energie leveren om direct de basis van de stuurtransistor te sturen. Een basisweerstand is niet nodig, omdat CMOS IC's bij lage voedingsspanningen kortsluitvast zijn. De stuurtransistor is een BD438. De keuze is op deze transistor gevallen, omdat hij een zeer lage collector-emittor verzadigingsspanning heeft. (de verzadigingsspanning is de spanning die over een geleidende transistor staat). Mocht u problemen hebben een BD438 te vinden, dan kan ook een andere PNP-transistor worden gebruikt. (bijv. een BD136). Dit gaat echter ten koste van het zendervermogen en daarmee dus van de reikwijdte van de zender. Aangezien de zenderdiode niet is beveiligd door een serieweerstand mag de voeding absoluut niet boven de 3 Volt komen. Denk hieraan bij lab aansluiting op een regelbare voeding! Ook bij gebruik van grotere batterijen (bijv. mignon-cellen) bestaat het gevaar, dat de zenderdiode doorbrandt! Bij 3 Volt zijn de stroompulsen door de diode ca. 200 mA. Om deze reden is ook een goede afvlakking van de spanning noodzakelijk om te voorkomen, dat deze pulsen de voeding van de oscillator beïnvloeden. De tantaalelco C3 is het minste wat men moet hebben. Afhankelijk van de ruimte in de behuizing moet men voor C4 de grootst mogelijke waarde tussen 100 en 1000 uF kiezen.

Door verandering van de duty-cycle van het zendersignaal zou met het stroomverbruik van de zender sterk kunnen verminderen. Fourier-analyse van een blokgolf met een duty-cycle die afwijkt van 50% geeft echter een groter aandeel van hogere harmonischen in het zendersignaal te zien, waarbij de signaalsterkte van de grondfrequentie afneemt. Daar de ontvanger om reden van bedrijfszekerheid en storingsongevoeligheid selectief is gemaakt en is ingesteld op de grondfrequentie zouden stroombesparende maatregelen in de zender in dit geval leiden tot vermindering van de reikwijdte. Maakt u zich echter niet bezorgt. Bij de opbouw en dimensionering van de zender, zoals aangegeven kunt u met 1 batterij ca. 100.000 maal schakelen. 300 maal per

14.27 Infrarood afstandsbediening



Figuur 4/14.27-4: Het schema van de ontvanger.

14.27 Infrarood afstandsbediening

dag een jaar lang. Als u 'speelneigingen' kunt bedwingen, of op andere zaken botvieren zal de energie voorziening van de zender u geen (portemonnee-)pijn bezorgen.

De voorversterker

Het infrarood gevoelige element van de voorversterker is een IR-diode met een geïntegreerd infra-rood filter (BPW41). Het is ook mogelijk een type zonder IR-filter te gebruiken, zoals een BPW34. Bij sterk omgevingslicht (zon), moet u dan echter rekenen op een verminderde gevoeligheid, waardoor de te overbruggen afstand kleiner wordt. De ingangstrap met transistor T1 zorgt ervoor, dat op de ingang van de opamp IC1 een gelijkspanningsniveau staat, dat bijna onafhankelijk is van de sterkte van het omgevingslicht. Deze opamp vormt samen met de frequentie bepalende componenten R5, R6 en C3, C4 een actief bandfilter. De doorlaatfrequentie van dit filter kan men met de volgende formule berekenen:

$$F = \frac{1}{2 \times \pi \times C} \times \sqrt{\frac{1}{R5 \times R6}}$$

De formule is geldig als C = C3 = C4

Opamp IC2 is een frequentie afhankelijke versterker. Voor lage frequenties is de RC-schakeling R7/C5 een hoge impedantie, zodat IC2 door R8 als een maal 1 versterker werkt. Bij hogere frequentie wordt echter de impedantie van R7/C5 steeds lager, waardoor de versterking van opamp IC2 tot ca. 100 maal oploopt.
De volgende opamp, IC3 is een blokgolfvormer. Het ingangssignaal wordt rechtstreeks aan de niet-inverterende ingang van de opamp aangeboden en via RC-schakeling R9/C8 aan de inverterende ingang. Door integratie ontstaat op de inverterende ingang een gelijkspanning, die als niveau de gemiddelde waarde van het ingangssignaal heeft. De opamp werkt als comparator en maakt uit het ingangssignaal, dat uit een op een gelijkspanning gesuperponeerde sinussignaal bestaat een blokgolf met dezelfde frequentie als de sinus.

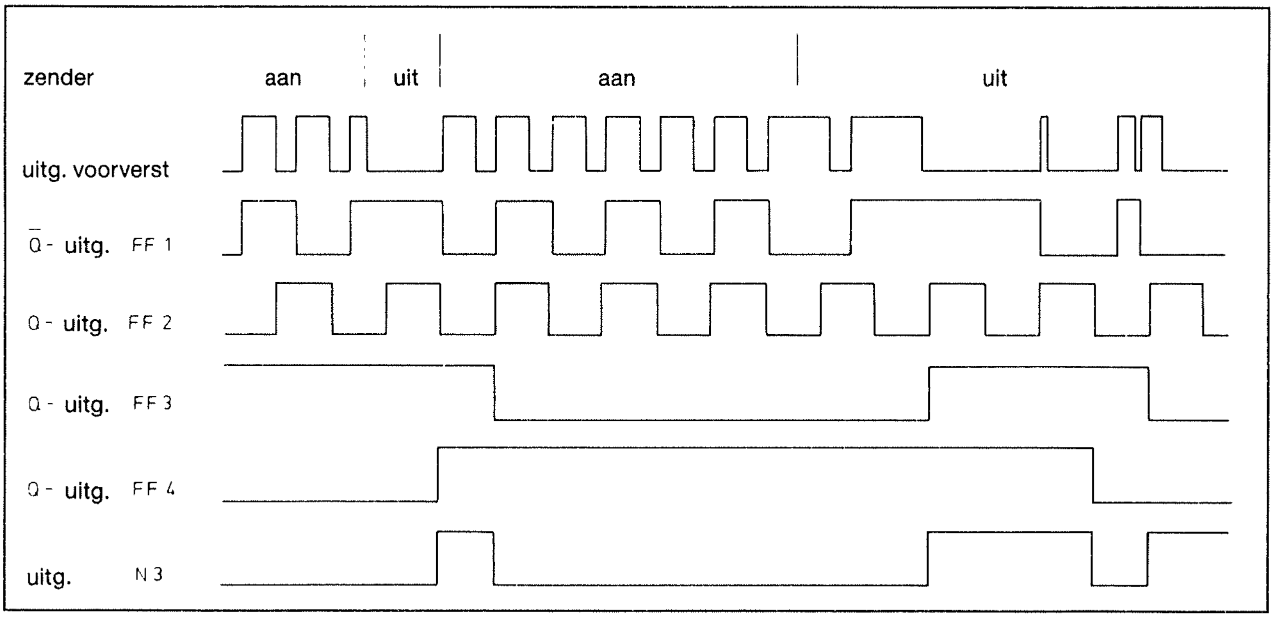
De oscillator

De oscillator in de ontvanger is nagenoeg identiek aan die van de zender. Als inverter wordt hier een exclusieve NOR poort gebruikt, waarvan de tweede ingang aan aarde ligt. De weerstanden en condensatoren zijn anders gedimensioneerd dan in de zender, omdat de ontvanger werkt met een hogere voedingsspanning.

Synchronisatie van de signalen en detectie van de inhoud

Eerst worden zowel ingangssignaal als oscillatorsignaal van de ontvanger door 2 gedeeld. Deze beide signalen moeten nu met elkaar vergeleken worden. Ook wanneer beide signalen dezelfde frequentie hebben, is het mogelijk, dat er tussen beide signalen een flink fase verschil bestaat. Om signalen met elkaar te kunnen vergelijken is het noodzakelijk, dat zij dezelfde fase hebben. Flipflops FF3 en FF4 zorgen voor de noodzakelijke synchronisatie. In fig. 4/14.27-5 zijn de diverse signalen rond deze flip-flops te zien en wordt het synchronisatieproces duidelijk. De ten opzichte van elkaar 180 graden fase verschoven

signalen Q en Q-not dienen als klok-signalen voor de flip-flops FF3 en FF4. Aan de D-ingangen van de flip-flops ligt de uitgang van FF1. Met de positieve flank van Q wordt de informatie in D3 vastgelegd. Met de negatieve flank van Q, of beter gezegd met de positieve flank van Q-not wordt de data in FF4 vastgelegd. Als de te vergelijken frequenties gelijk zijn, dan moet op een flip-flop uitgang een hoog niveau aanwezig zijn, terwijl op de andere een laag niveau ligt. Deze conditie kan zeer eenvoudig met een exclusieve NOR poort in een eenduidig wel/niet signaal worden omgezet. De uitgang van de poort zal laag zijn, als slechts een der beide ingangen hoog is.



Figuur 4/14.27-5: Tijd-diagram.

Tengevolge van ruis kan deze toestand bij afwezigheid van het zendersignaal relatief dikwijls voorkomen, echter slechts zeer kortstondig. Met de binaire teller IC8 (een 4040) wordt de tijdsduur gemeten van het laagniveau op de uitgang van N3.
Telkens als de uitgang van N3 hoog wordt, wordt de teller gereset. Op de klok-ingang van de teller staat het oscillatorsignaal van 16,384 kHz. Pas na 1024 storingsvrije pulsen wordt de uitgangs flip-flop FF5 door uitgang Q10 getriggerd. Uit frequentie en de deling kan men de reactie-tijd van de ontvanger berekenen. Deze bedraagt 1/16 seconde. Met de eerste niet meer gesynchroniseerde pulsen, die optreden nadat de zender niet meer zendt, wordt flipflop FF5 via de reset-ingang gereset. De RC-schakeling R13 en C12 voorkomt valse triggering tengevolge van netstoringen die kunnen ontstaan tengevolge van het inschakelen van inductieve belastingen.

De relais-sturing

Zoals reeds aan het begin van dit hoofdstuk vermeld, zijn er twee mogelijkheden om het relais te bedienen. Pulsduur- of duursignaal. Als pulsduursignaal gewenst wordt (relais bekrachtigd,

14.27 Infrarood afstandsbediening

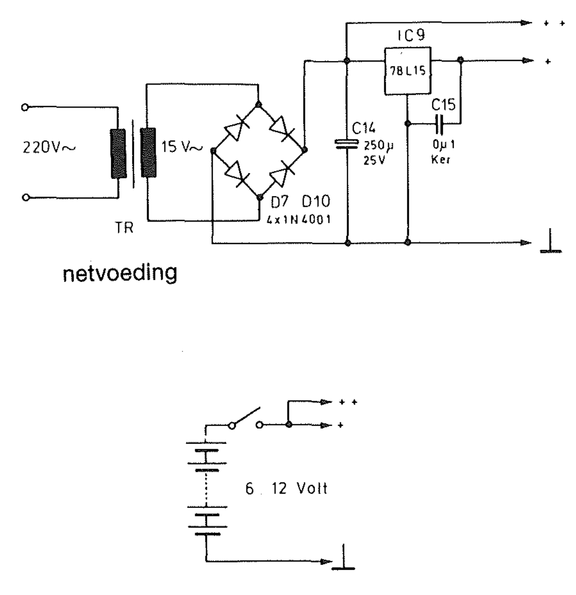
zolang de zenderknop is ingedruk), wordt de relaisdrijver T2 rechtstreeks verbonden met de uitgang van flip-flop FF5 (draadbrug 'A'). Als het duur- of omschakelsignaal gewenst wordt, wordt tussen FF5 en de drijver nog FF6 geschakeld. (draadbrug 'B'). R14/C13 is een 'power-on-reset' schakeling, die ervoor zorgt, dat als de ontvanger wordt aangezet de flip-flop FF6 in een gedefinieerde toestand komt. Het behoeft nauwelijks betoog, dat deze toestand die is, waarbij het relais niet bekrachtigd is. D5 geeft een optische aan/uit indicatie van de schakelstand. D6 beschermt de drijvertransistor tegen inductiespanningen van de relaisspoel.

De voeding van de ontvanger

De ontvanger werkt met een voedingsspanning tussen 6...15V probleemloos. Voor batterijgebruik kunt u een 9 voltsbatterij gebruiken. De stroomopname is ca. 10-15 mA (zonder relais). Met een 9 volts batterij kunt u 9 uur doen. Bij voeding uit het net is een simpele voeding voldoende. Een kleine trafo, een flinke elco en een standaard spanningsregelaar is alles wat u nodig hebt. De spoelspanning van het relais moet men kiezen naar gelang de uitgangsspanning van de trafo. Het verdient aanbeveling de relaisspoel op de ongestabiliseerde gelijkspanning aan te sluiten, om storingen tengevolge van de inductie weg te houden van de schakeling en de spanningsregelaar niet onnodig te belasten.

Bouwtips

De voorversterker moet in een afgeschermde behuizing worden gemonteerd. Aangezien de verbinding tussen voorversterker en ontvangdiode mini-



Figuur: 4/14.27-6: De voeding

maal moet worden gehouden kan men deze in een gat in de afscherming van voorversterkerbehuizing aanbrengen. De behuizing moet met de aarde van de schakeling worden verbonden. De frequentie-bepalende condensatoren C3 en C4 in de voorversterker moeten een tolerantie hebben van max. 2,5%, zodat de doorlaatfrequentie van het filter overeenstemt met de kristalfrequentie. Als men de in de onderdelenlijst aangegeven waarden niet kan krijgen kan men het filter afstemmen door andere condensatoren te nemen en de waarden van de weerstanden R5 en R6 overeenkomstig aan te passen. De formule voor het bandfilter is eerder gegeven. Een andere mogelijkheid is een der beide weerstanden te vervangen door een trimpot en daarmee het filter af te stemmen op de oscillatorfrequentie.

De print van de voorversterker voorziet

14.27 Infrarood afstandsbediening

in het gebruik van foliecondensators met een rastermaat van 5 of 7,5 mm. Voor het aanbrengen van de transformator dient ment tussen de punten x en y en a, b, c en d draadbruggen aan te brengen, zodanig, dat de secondaire spanning op de punten x en y is aangesloten. Door deze lay-out zijn praktisch alle printtrafo's met een vermogen van ca. 1,6 VA te gebruiken. Al naar gelang de gewenste werking moet een der draadbruggen 'A' of 'B' worden aangebracht. Bij gebruik van batterijvoeding moeten op de print de aansluitingen 1 en 3 van de spanningsregelaar (IC9) met een draadbrug worden doorverbonden. De aansluitpunten voor de batterij zijn in de onderdelenplattegrond aangegeven.

Als de ontvanger uit het net wordt gevoed en/of het relais wordt gebruikt om netspanning te schakelen moet voor een goed geïsoleerde behuizing worden gezorgd. Natuurlijk moet het gekozen relais voor de te schakelen spanning en stroom geschikt zijn.

Afregelen

Als in de voorversterker condensatoren met een lage tolerantie worden gebruikt hoeft de schakeling niet te worden afgeregeld. De schakeling werkt ook bij frequentieafwijkingen van 0,1% nog goed. Dergelijke afwijkingen zijn bij gebruik van kristaloscillators niet te verwachten. In een horloge zou dat 90 sec. per dag betekenen.

N.B.: In de schakeling wordt gebruik gemaakt van CMOS en J-fet IC's. Deze IC's zijn zeer gevoelig voor statische ladingen en moeten daarom op speciale wijze worden behandeld. Voor details kunt u hoofdstuk 6/5.2 opslaan, waar de te nemen voorzorgen worden beschreven.

Onderdelenlijst

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
Zender			
IC1	CMOS-inverter	74HC04 (4069)	
T1	PNP-transistor	BD438 (BD136)	
D1	IR-zenddiode	LD271	
R1	weerstand	10 M	kool, 1/8W, 5%
R2	weerstand	220 Ohm	kool, 1/8W, 5%
R3	weerstand	4M7	kool, 1/8W, 55
C1	condensator	39pF	keramisch
C2	condensator	24pF	keramisch
C3	elco	100 uF/6,3V	tantaal
C4	elco	100...1000uF/10V	
Q	miniatuur-kristal	32,768 kHz	
	drukknop	1 x aan	
	batterijcel	Micro of Lady	

14.27 Infrarood afstandsbediening

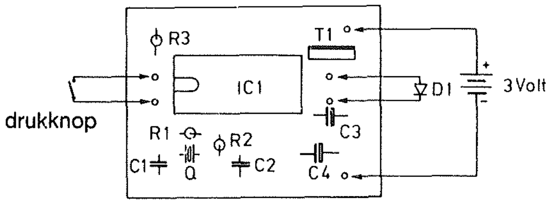
Voorversterker

IC1, 2	J-Fet opamp	LF356	
IC3	CMOS opamp	CA3130	
IC4	quad Excl. NOR	4077	
IC5-7	dual D-flip-flop	4013	
IC8	binaire deler 12b	4040	
IC9	spanningsregelaar	78L15	15V, 100mA
T1	NPN-transistor	BC550C	of BC413C
T2	NPN-transistor	BC547B	of BC238B
D1	IR-ontvangstdiode met IR-filter	BPW41	of SFH205
D2-4,6	diode	1N4184	
D5	LED	universeel	kleur naar keus
D7-10	gelijkrichter	1N4001 of B40C1000	
R1, 2, 8, 9	weerstand	100k	kool, 1/8W, 5%
R3	weerstand	1k5	kool, 1/8W, 5%
R4	weerstand	1k	kool, 1/8W, 5%
R5	weerstand	680 Ohm	metaalfilm, 1%
R6a	weerstand	150k	metaalfilm, 1%
R6b	weerstand	6k8	metaalfilm, 1%
R7	weerstand	1k2	kool, 1/8W, 5%
R10, 11	weerstand	10M	kool, 1/8W, 5%
R12	weerstand	220k	kool, 1/8W, 5%
R13, 14	weerstand	1M	kool, 1/8W, 5%
R15	weerstand	22k	kool, 1/8W, 5%
C1	elco	1uF/35V	tantaal
C2	condensator	820pF	styroflex
C3, 4	condensator	470pF	styroflex max 2,5%
C5	condensator	4,7nF	folie
C6	condensator	0,1uF	keramisch
C7	elco	6,8uF/35V	
C8	condensator	470pF	styroflex
C9	condensator	22pF	keramisch
C10	condensator	68pF	keramisch
C11	condensator	27pF	keramisch
C12	condensator	10nF	folie
C13	elco	2,2uF/35V	tantaal
C14	elco	250uF/25V	*
C15	condensator	0,1uF	keramisch*
Q	kristal	32,768 kHz	
TR	transformator	220V-›15V/200mA	*

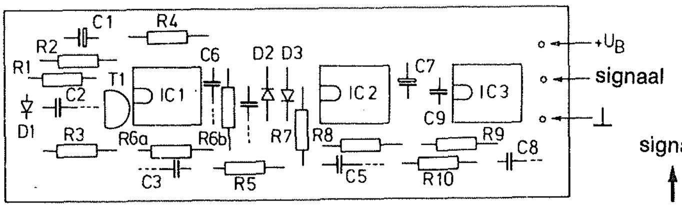
14.27 Infrarood afstandsbediening

Rel	relais	50mA	max spoelstroom
		6-9V	spoelspanning bij batterij-voeding
		15-18V	spoelspanning bij netvoeding
	Behuizing		afgeschermd voor voorversterker

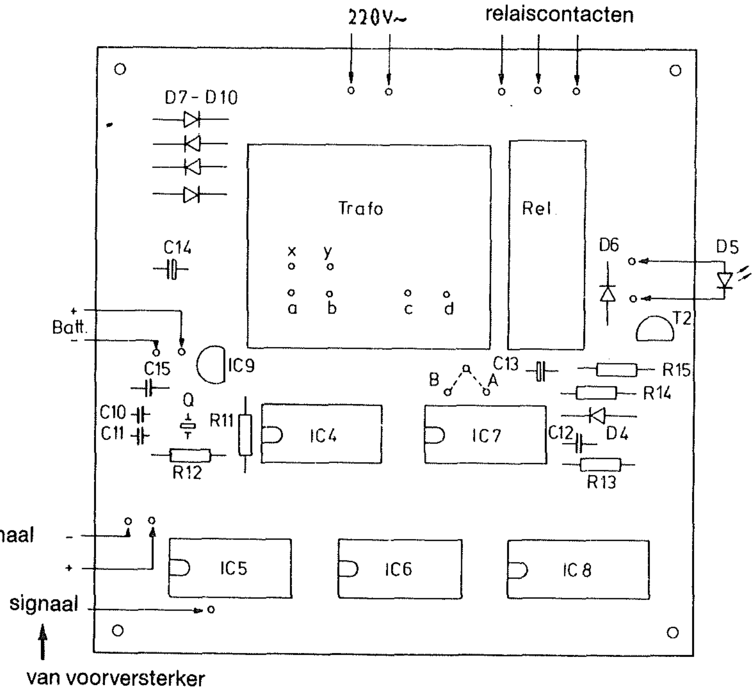
* Deze componenten zijn uitsluitend nodig bij gebruik van een netvoeding.



Figuur 4/14.27-10: Bestukkingsplan van de zender

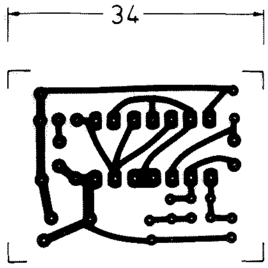


Figuur 4/14.27-11: Bestukkingsplan van de voorversterker

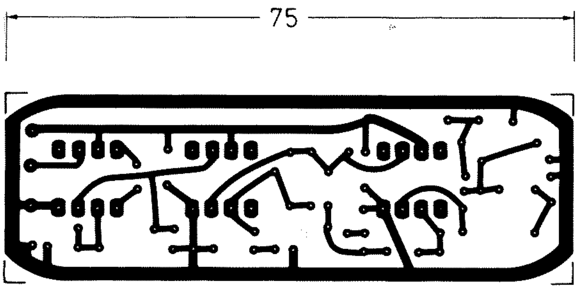


Figuur 4/14.27-12: Bestukkingsplan van de ontvanger

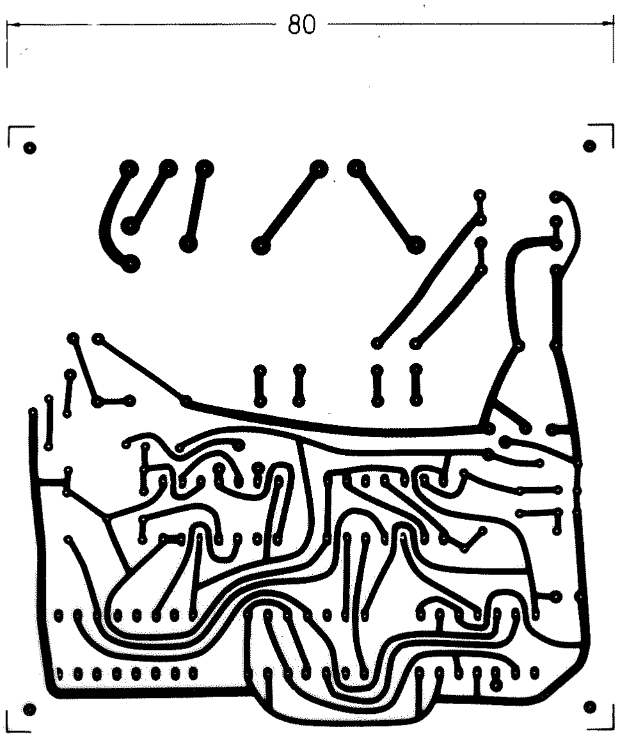
14.27 Infrarood afstandsbediening



Figuur 4/14.28-7: Print-layout van de zender.



Figuur 4/14.27-8: Print-layout van de voorversterker.



Figuur 4/14.27-9: Print-layout van de ontvanger.

4/14.29

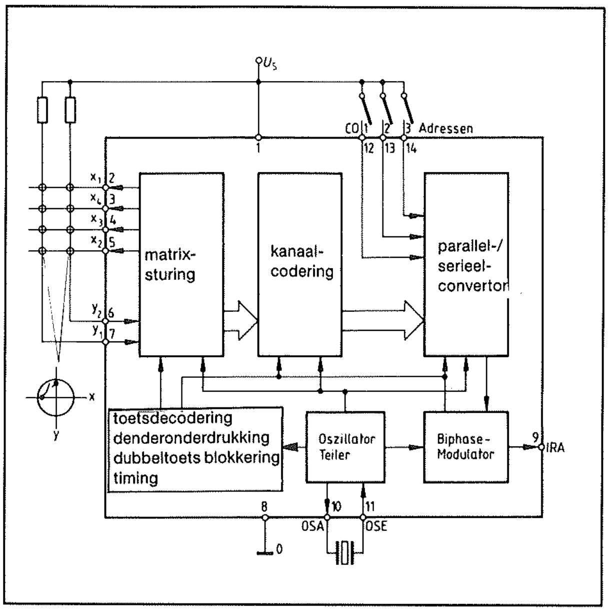
Meerkanaals infrarood afstandsbediening

Op de eerste plaats dient een afstandbediening van apparaten een verhoging van het comfort. Echter ook de veiligheid kan erdoor verhoogd worden, of de levensduur van de schakelmechanismen van apparatuur. De ge-integreerde zend- c.q. ontvang IC's type SLB 3801/3802 stellen ons in staat een storingsongevoelige afstandbediening te maken, die tot 8 kanalen kan bedienen. De storingsongevoeligheid hangt samen met de gebruikte PCM (puls-code-modulatie) techniek, die in deze IC's wordt toegepast. Het data-transport medium is infrarood licht. Om u een indruk te geven van de storingsongevoeligheid: De fabrikant van de IC's (Siemens) geeft op, dat bij een sterk gestoord kanaal bij 6,25 x 10^6 kanaal-activeringen niet eenmaal ongewenste (en onbedoelde) activiteiten op een buurkanaal voorkwamen. Hoewel de IC's zowel met infrarood, als met draadverbonden afstandbedieningen zijn te gebruiken, heeft de eerste de voorkeur, vanwege de mobiliteit van de zender ten opzichte van de ontvanger. Natuurlijk zijn er ook voorbeelden te bedenken, waarin de ontvanger mobiel is.
Er zijn vele toepassingen te bedenken voor een IR-afstandbediening: Deur en poort sturing, verlichting, jalouzien, zonneschermen, gordijnen, dia en filmprojectoren. Aangezien er 8 kanalen voorhanden zijn, kunnen van een en hetzelfde apparaat meerdere functies worden bediend, of de zender worden gebruikt voor sturing van verschillende apparaten. In de bouwbeschrijving worden maar twee kanalen gebruikt, omdat de schakeling is gemaakt voor het openen en sluiten van garagedeuren. Het bereik is enigszins van de omstandigheden afhankelijk. Bij helder daglicht als omgeving zal het ca. 20 meter bedragen. In afgesloten ruimten, met lichte wanden, waarin het licht goed wordt gereflecteerd zal het bereik ca. 30 meter bedragen. De IC's zijn CMOS-typen, zodat het verbruik gering is en met een batterij voeding kan worden volstaan, zonder dat dit een grote aanslag op uw portemonnee betekent.

Blokschema en werking

Het CMOS zend-IC SLB 3801 zorgt voor de pulscode modulatie (PCM). De via een matrix schakelaar gegeven bevelen worden gedecodeerd en omgezet in 8 bits seriële signalen. De SLB 3801 heeft zes schakelmatrix ingangen Y1, Y2, X1, X2, X3 en X4 voor twee kolommen van elk 2 rijen.
Om een schakelopdracht te kunnen decoderen moet via een drukknopschakelaar een rij-lijn worden verbonden met een kolom-lijn. De acht mogelijke com-

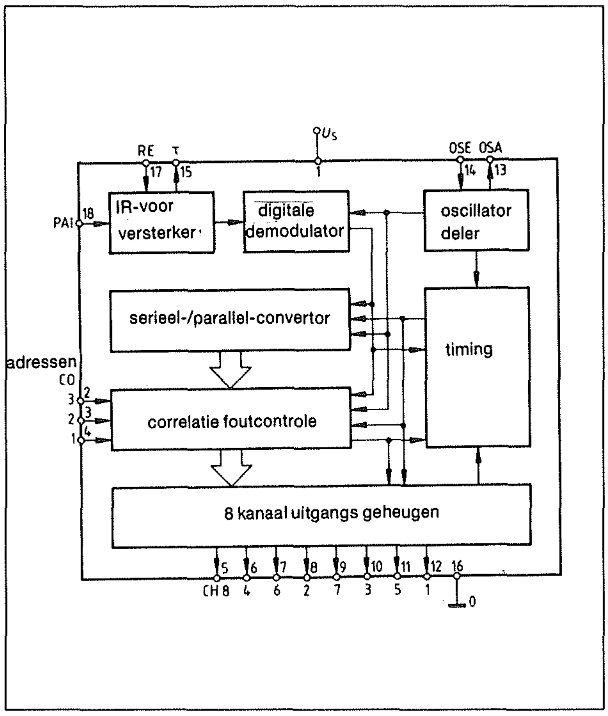
14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening



Figuur 4/14.29-1: Blokschema SLB 3801 zender IC (Siemens)

inaties vertegenwoordigen de acht kanalen. De schakelmatrix wordt met behulp van het tijd-multiplex principe cyclisch uitgelezen. Als een toets wordt ingedrukt, wordt een rij en een kolom met de voeding verbonden, een oscillator gestart resp. een externe klok doorgelaten. Na een vertraging van ca. 20 ms, die dient voor contactdender onderdrukking wordt met een frequentie van 100 Hz een bij de ingedrukte toets behorende 8 bits signaal opgewekt. De acht bits zijn onderverdeeld in een startbit, drie kanaalcode bits, drie adresbits en een eindbit. De informatie bestaande uit ontvangeradres en kanaal wordt gemoduleerd op een 25 kHz draaggolf. Na het loslaten van de toets stuurt de zender een stopsignaal, dat in een bit verschilt van het overeenkomstige startsignaal. Ongeveer 50 ms na het verzenden van het stopsignaal wordt de voedingsspanning afgeschakeld en gaat de schakeling in stand-by. Mocht u meerdere toetsen op het schakelpaneeltje tegelijk indrukken, dan wordt uitsluitend de cyclus behorend bij de eerst gedecodeerde XY-verbinding afgewerkt.
Een ander kanaal kan slechts worden geactiveerd, als het vorige contact is geopend. Hiertoe voorziet het IC in een dubbeltoets blokkering. Bij aansluiten van de voeding wordt de schakeling automatisch gereset. In stand-by is het verbruik van de schakeling voornamelijk afhankelijk van de lekstroom van de condensator en zal ca. 150 mA bedragen. Via stuurtransistor T1 wordt de basis van de beide eindtransistors T2 en T3 met een constante amplitude gestuurd. T2 en T3 vormen met hun emitter weerstanden constante stroombronnen en sturen de zend-diodes in hun resp. collector aansluitingen. Bij volle batterijen bedraagt de max. stroom door de dioden ca. 800 mA. Bij halvering van de batterijspanning loopt dit terug tot ca. 70% van deze waarde. De schakeling wordt gevoed uit een 9 Volts batterij. De LED in de collectorleiding van T4 dient als batterij en functie controle.
De ontvanger is opgebouwd rond het CMOS-IC SLB 3802. Op de pennen 13 en 14 is een externe oscillator aangesloten. De NPN-transistor en de RC-kring (R7/C11) zijn de tijdsbepalende componenten voor de interne voorversterker. De fotodiode FD1 (SFH 205) is in serie geschakeld met een parallel-oscillator kring, die op 25 kHz is afgestemd. De combinatie L1 en C4 dient als zuigkring voor het 'gelijklicht', d.w.z. voor de diodestroom veroorzaakt door het constante dag-c.q. omgevingslicht. Via deze zuigkring wordt deze stroom kortgesloten. T5 (BC 239C of BC 413C) is een transistor met een hoge stroomver-

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

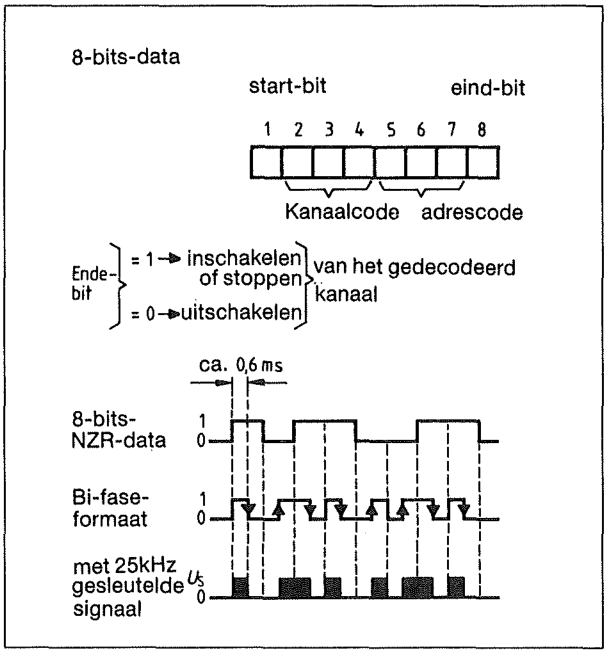


Figuur 4/14.29-2: Blokschema SLB 3802 ontvanger

sterking en een lage ruis. De spanningsversterking van deze versterkertrap bedraagt 42dB (V_U=130). CB (1,5nF) zorgt voor de koppeling met de interne voorversterker. Deze bestaat uit twee capacitief gekoppelde voortrappen, een regelkring en een signaalkring. Samenvattend kan men zeggen, dat het IC SLB 3802 het van de zender afkomstige signaal decodeert. Het ontvangen signaal wordt daartoe versterkt, digitaal gedemoduleerd en middels correlatie technieken gedecodeerd. De voeding moet tussen de 13 en 17V liggen. Op pen 5 en 9 vinden we de schakelsignalen van kanaal 7 resp. 8 terug. De erop volgende flip-flop, IC2 (CD 4013) onthoudt de laatste schakelstand en stuurt de vermogenstransitor T2. In de collectorleiding van T2 bevindt zich de spoel van een relais. Het relais schakelt de motor van een (garage-)deur.

Bouwtips

Voor de zender kan men een kleine kunststof behuizing zoeken, waarin de print en de 9 Volts batterij passen. De ontvanger moet in een metalen behuizing worden gemonteerd. De fotodiode FD1 moet met afgeschermde Kabel van max. 50 cm met de print worden verbonden. Als meerdere ontvangers zo dicht bij elkaar liggen, dat het mogelijk zou zijn, dat zij voor de ander bestemde signalen kunnen ontvangen, dan kan met behulp van de adres-straps verschillende 3-bits adressen worden gecodeerd.



Figuur 4/14.29-3: Formaat en code gezonden data (Siemens).

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

Tabel 4/14.29-1 Zender/ontvanger adrescodering 8x8 kanalen.

adres	Formaat van de gezonden data (datablok)								zender/ontvanger adres-code-pin		
	kanaal				adres				CO1	CO2	CO3
	1	2	3	4	5	6	7	8			
A		–	–	–	0	0	0		L	L	L
B					0	0	1		L	L	H
C		kanaalcode			0	1	0		L	H	L
D					0	1	1		L	H	H
E					1	0	0		H	L	L
F		1 tot 8			1	0	1		H	L	H
G		–	–	–	1	1	0		H	H	L
H		–	–	–	1	1	1		H	H	H

Onderdelenlijst voor de IR zender

Aanduiding	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	zender-IC	SLB 3801	Siemens
T1	transistor	BC 338/40	
T2,3	transistor	BC 636	Siemens
T4	transistor	BC 547	
D1,2	diode	1N4148	
LD1	LED	RL2	Litronix
LD2-5	IR-zender LED	LD 271	Siemens
R1,2	weerstand	100k	koolstof 5% 0,1W
R3	weerstand	1M	koolstof 5% 0,1W
R4	weerstand	1k	koolstof 5% 0,1W
R5	weerstand	330 ohm	koolstof 5% 0,1W
R6,7	weerstand	1,5 ohm	koolstof 5% 0,1W
R8	potentiometer	100 ohm	Dale
C1,2	condensator	100 pF	keramisch
C4	elco	1000 uF/10V	
KS	Kristal osc.	CSB 455 EG2	Murata-Erie

Onderdelenlijst voor de IR-ontvanger

Aanduiding	Omschrijving	Type/waarde	Opmerkingen
IC1	ontvanger-IC	SLB 3802	Siemens
IC2	D-flip-flop	CD 4013	
IC3	spanningsregelaar	78L15	Motorola
GL	brugcel	B40C600	

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

FD1	IR-LED	SFH 205	Siemens
T1	transistor	BC 239 C	
T2	transistor	BC 547	
D1-3	diode	1N4148	
F1	zekering	F 0,1 A	
L1	ferrietkern	7 x 5 N30	
–	B65511-A-Y30	503 wdg 0,05	Siemens
Re1	relais	V23037A2A401	Siemens
KS	kristal osc.	CSB 455 EG2	Murata-Erie
Tr	nettrafo	220V/15V	
R1	weerstand	27k	koolstof 5% 0,1W
R2,9,10	weerstand	100k	koolstof 5% 0,1W
R3	weerstand	120k	koolstof 5% 0,1W
R4	weerstand	220k	koolstof 5% 0,1W
R5	weerstand	22k	koolstof 5% 0,1W
R6	weerstand	4,7M	koolstof 5% 0,1W
R7	weerstand	560k	koolstof 5% 0,1W
R8	weerstand	1,5M	koolstof 5% 0,1W
R11	weerstand	39k	koolstof 5% 0,1W
C1	elco	470 uF/25V	
C2	condensator	0,33 uF/63V	folie
C3	elco	0,1 uF/35V	tantaal
C4	condensator	1,2 nF	keramisch
C5	condensator	10 nF	keramisch
C6	elco	10 uF/35V	tantaal
C7,9,11,14	elco	1 uF/35V	tantaal
C8	condensator	1,5 nF	keramisch
C10	elco	47 uF/35V	tantaal
C12,13	condensator	100 pF	keramisch
C15	condensator	100 nF	keramisch

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

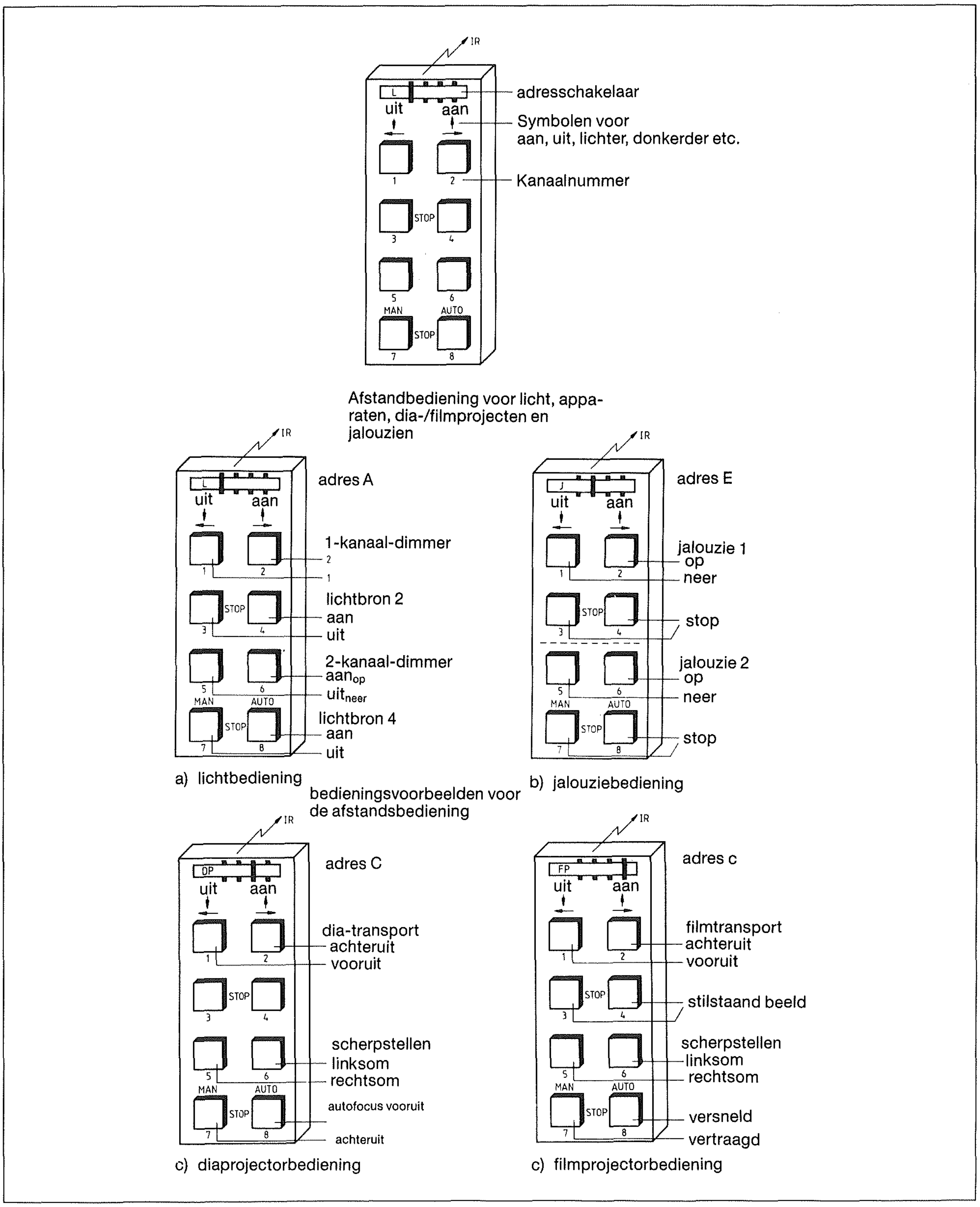


Fig. 4/14.29-4: (Siemens).

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

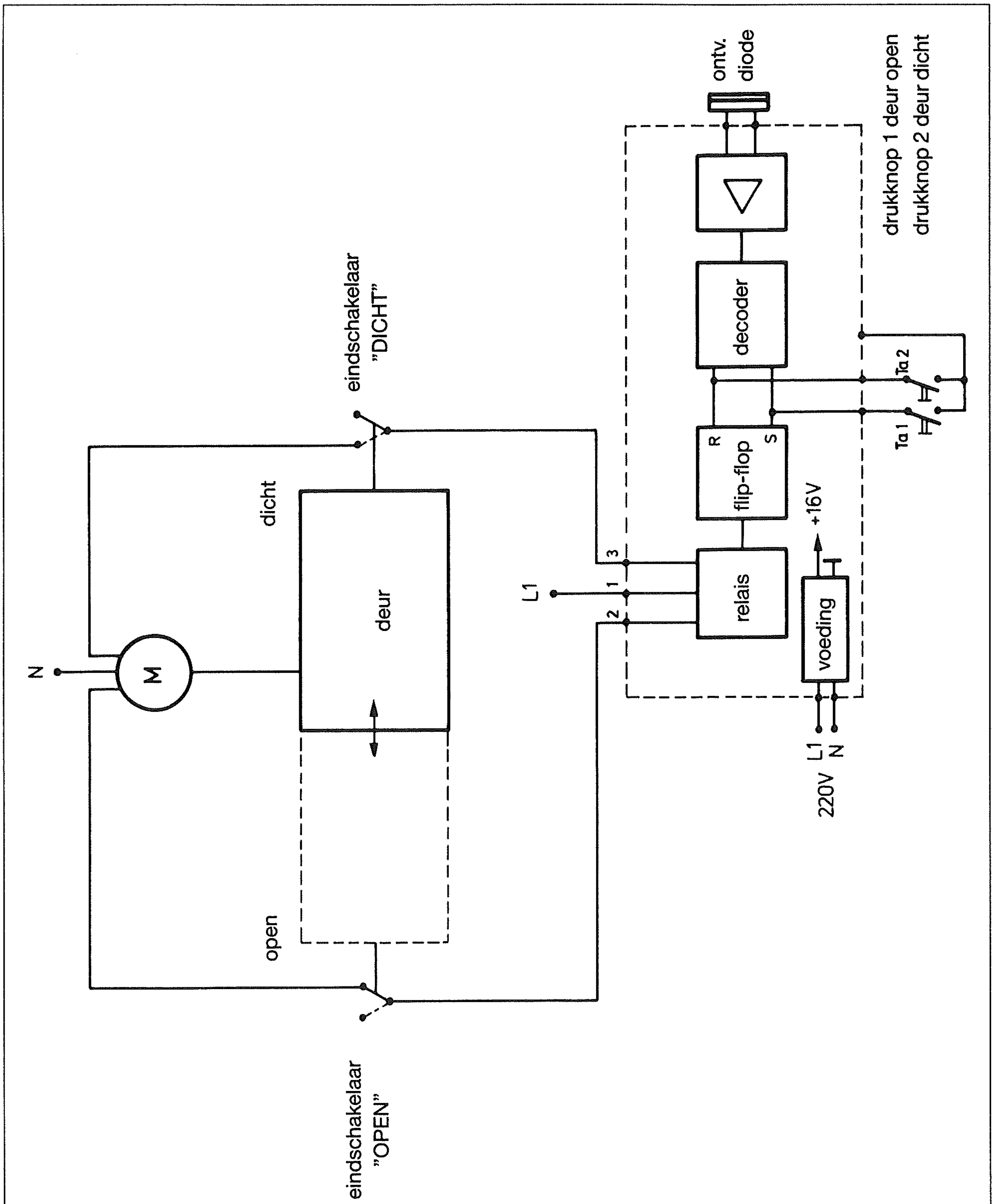


Fig. 4/14.29: Blokschema afstandsbediening deur.

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

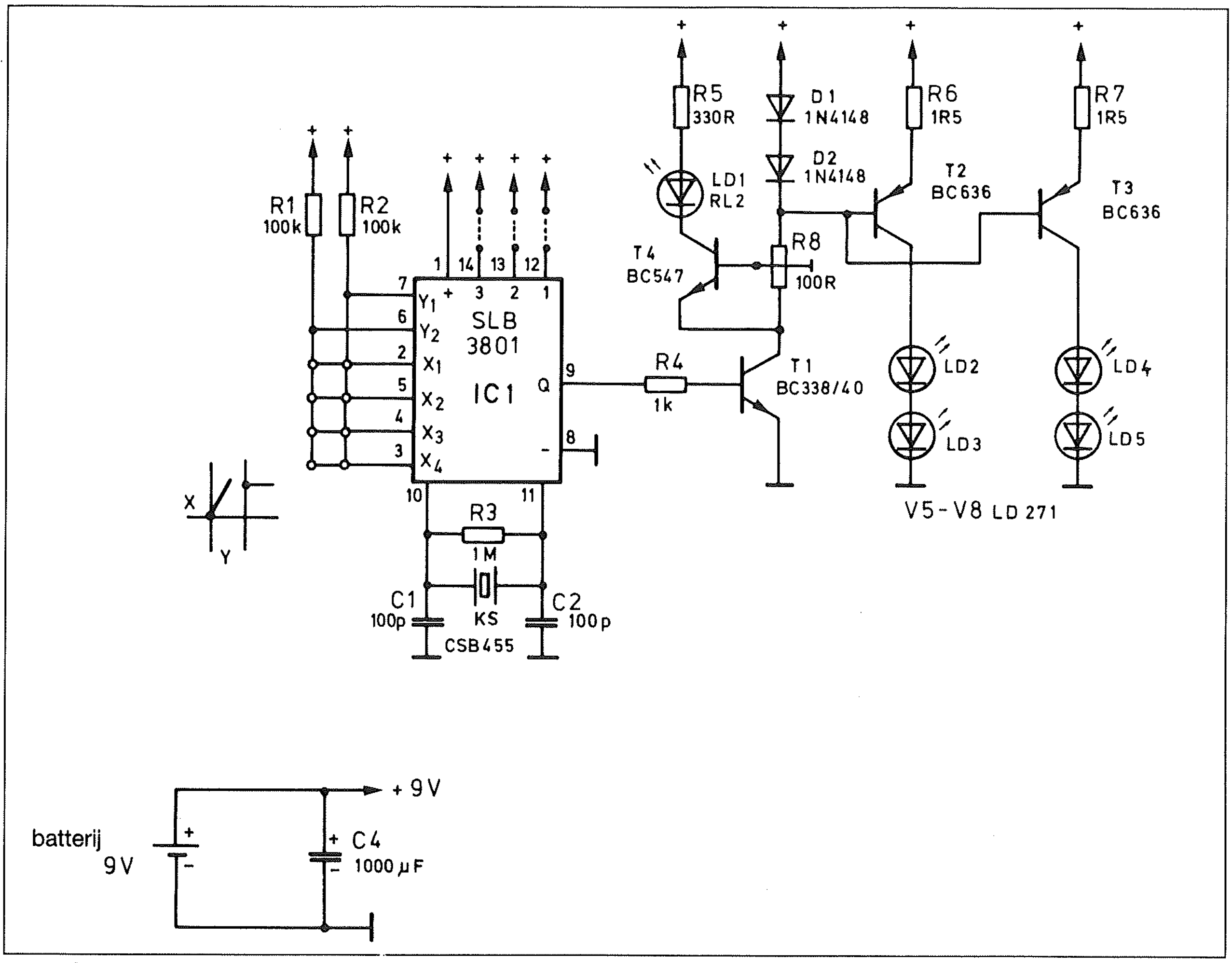
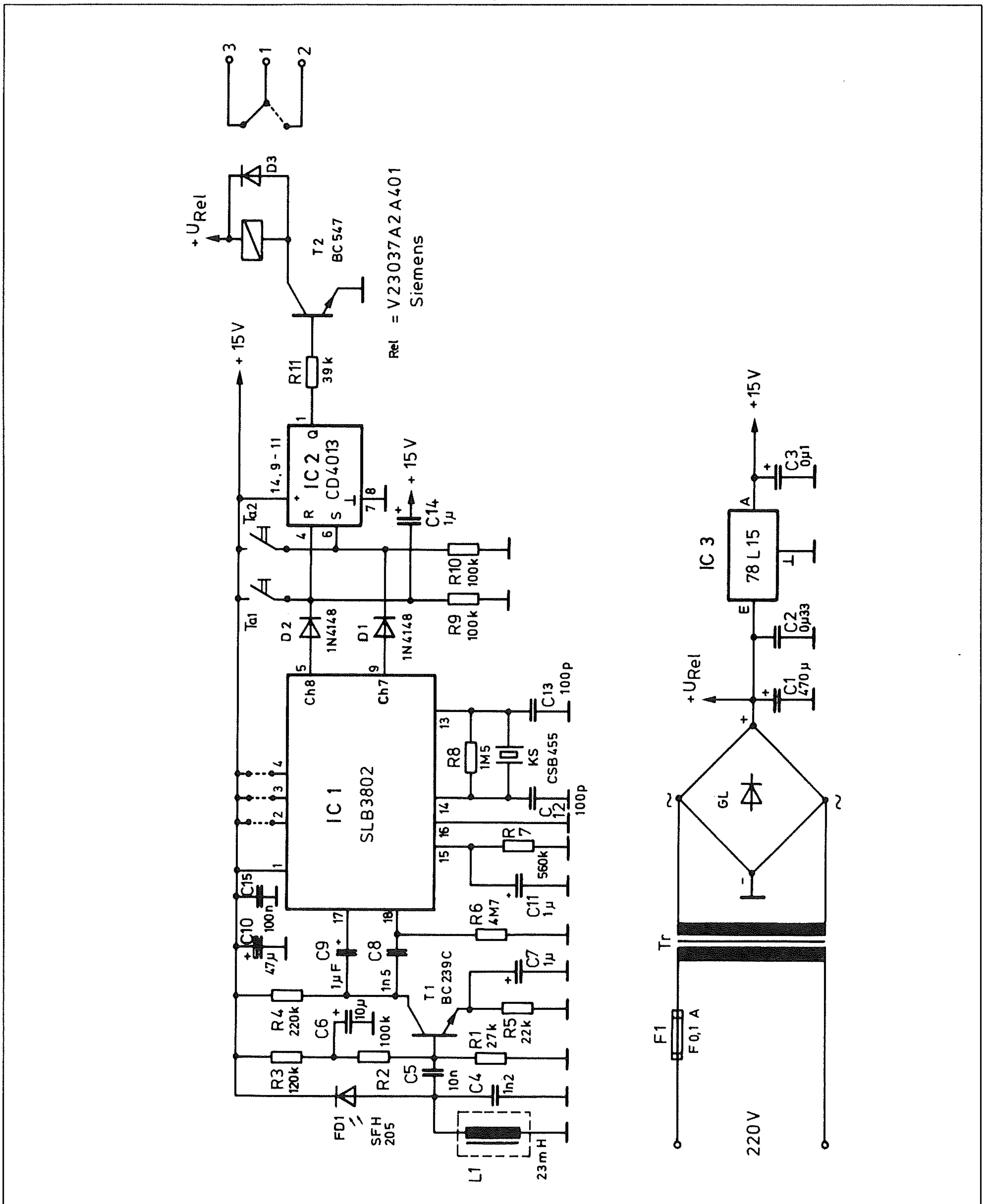


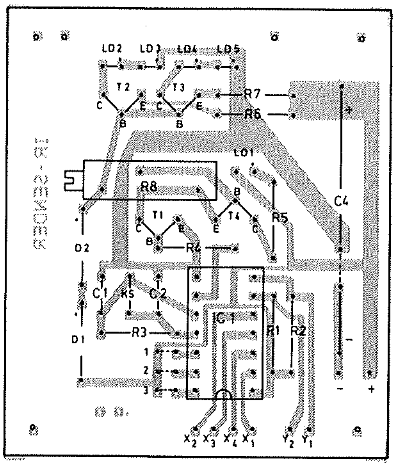
Fig. 4/14.29-6: Schema van de zender.

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

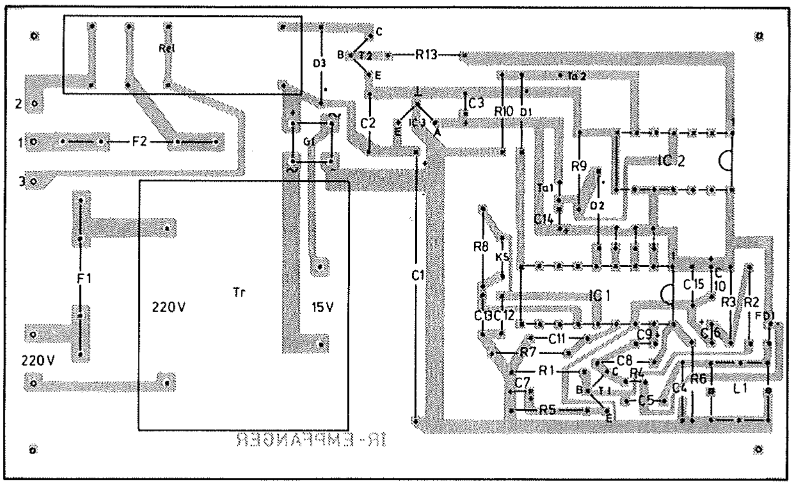


Figuur 4/14.29-7: Schema van de ontvanger.

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening

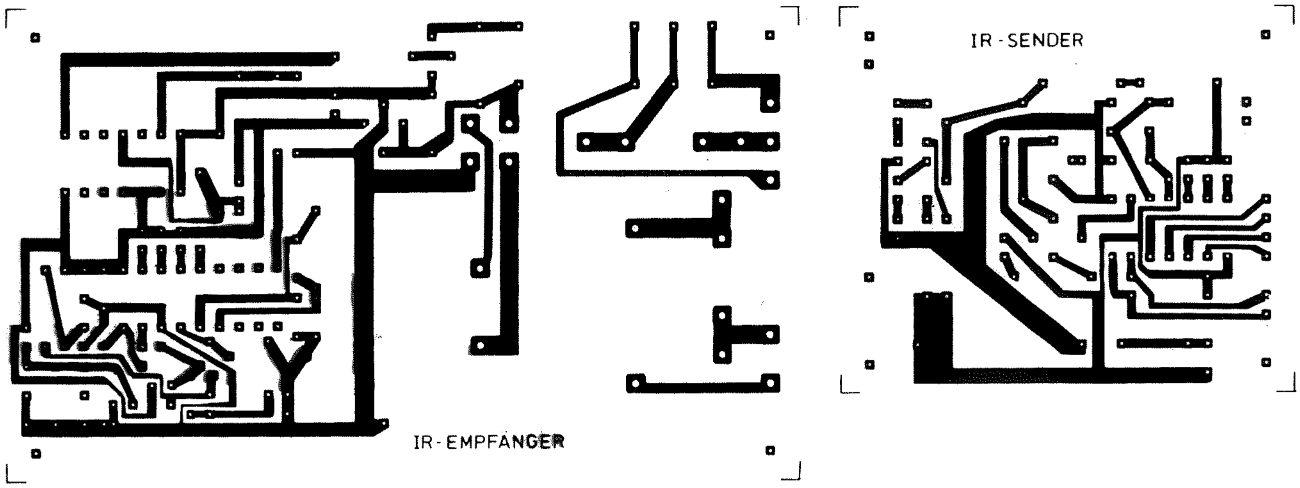


Figuur 4/14.29-9: Onderdelenplattegrond van de print van de zender.



Figuur 4/14.29-10: Onderdelenplattegrond van de print van de ontvanger.

14.29 Meerkanaals infrarood afstandbediening



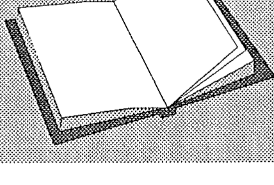
Figuur 4/14.29-8: Print lay-out, loadzijde.

4/14.30
Toerental regeling voor DC-motoren

Inleiding
Kleine, krachtige gelijkstroom motoren zijn in een modern huishouden niet meer weg te denken. Wij worden er van 's ochtends vroeg tot 's avonds laat mee geconfronteerd! Het begint bij het batterij gevoed motortje van de elektrische tandenborstel en het eindigt met het zacht zoemend motortje van het massage apparaat. Om maar niet te spreken over het hobbyhok, waar elektrische schroevendraaiers en miniatuur boormachines uitgerust zijn met een collectormotor. Een universeel bruikbare, goed werkende toerental regeling voor dergelijke motoren is dus geen overbodige luxe! De in dit hoofdstuk voorgestelde schakeling heeft optimale eigenschappen en werkt bijna zonder verlies. Ook bij lage toerentallen worden de motoren met forse stroompulsen aangestuurd, zodat zij weliswaar traag draaien, maar toch heel wat vermogen kunnen leveren. De schakeling is bruikbaar voor alle motoren die met voedingsspanningen tussen 10 V en 15 V gevoed worden. Door het veranderen van de waarde van één weerstand kan men het apparaatje echter geschikt maken voor voedingsspanningen tot 25 V. Het is bovendien mogelijk de schakeling te modificeren, zodat zij geschikt wordt voor voedingsspanningen tot 5 V. De schakeling is voornamelijk ontwikkeld voor het regelen van motoren van boormachines, schroevendraaiers en modeltreinen. Door een optimale regelschakeling werkt de schakeling uitstekend bij zeer lage toerentallen. Zelfs bij een toerental van minder dan 100 omwentelingen per minuut zullen de gestuurde motoren er het bijltje niet bij neerleggen en hun belasting keurig laten draaien.

Het principe van gelijkstroom motor regeling
Er bestaan verschillende systemen voor het regelen van het toerental van gelijkstroom motoren. Eenvoudige schakelingen werken als een soort regelbare voedingen, die de voedingsspanning van de aangesloten motor verlagen. Het gevolg is echter dat ook de opgenomen stroom van de motor daalt, waardoor het leverbare vermogen afneemt. Bij lage toerentallen en hoge belasting zal de motor vastlopen, waardoor de tegen-EMK wegvalt en de opgenomen stroom erg hoog wordt. Dit is

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/12.3
Hoofdstuk 3/12.8
Hoofdstuk 6/6.13



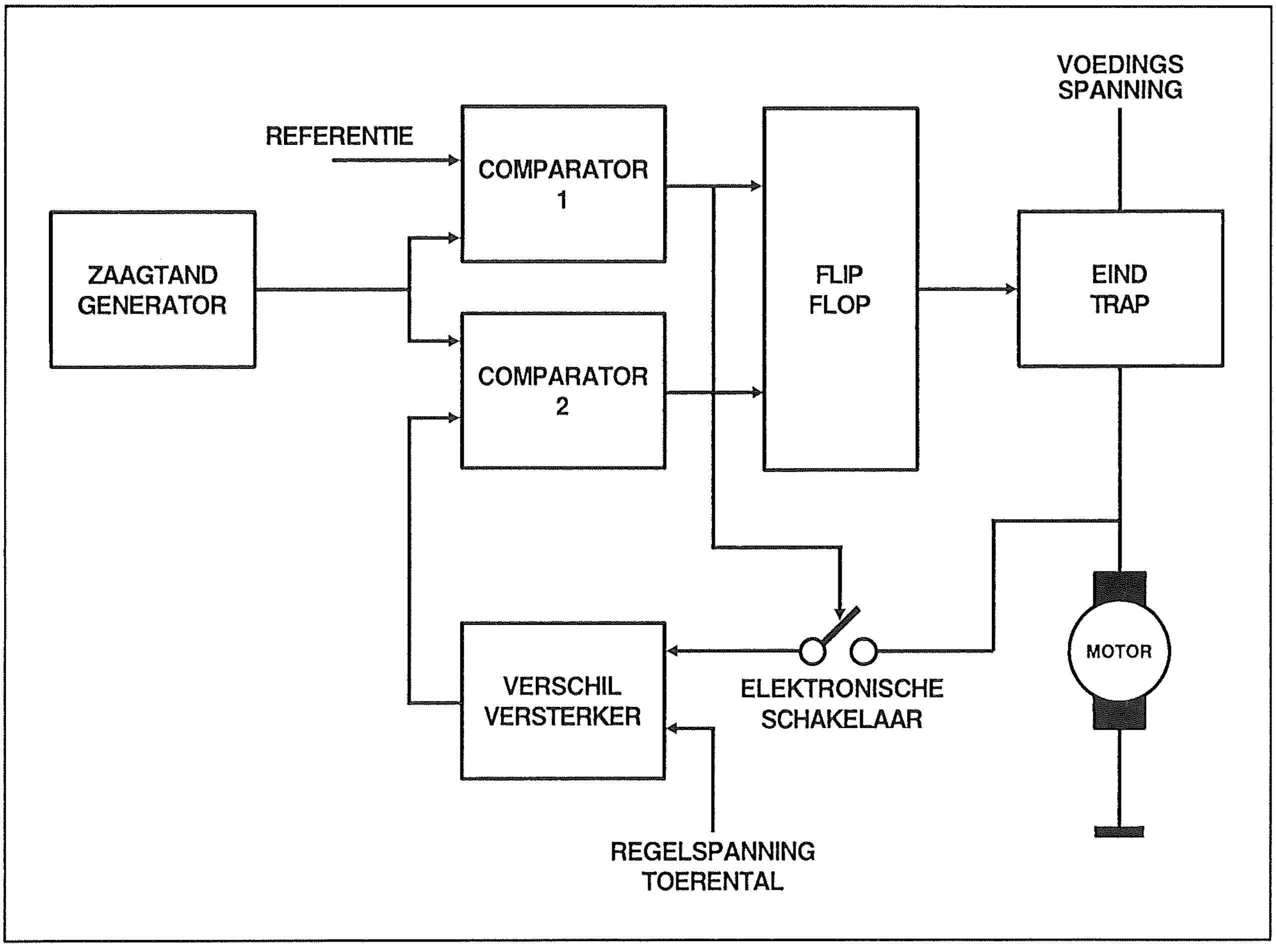
14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

erg schadelijk voor de motor omdat de inwendige spoelen oververhit geraken. Bovendien gaat er bij dergelijke systemen heel wat vermogen verloren in de serie-transistor, zodat er grote koelplaten noodzakelijk zijn om het geheel niet in rook op te laten gaan. Een beter systeem maakt gebruik van pulsbreedte besturing. De regelschakeling werkt als een soort van elektronische schakelaar, die met een frequentie van rond 100 Hz de verbinding tussen voeding en motor verbreekt en maakt. Door de verhouding tussen verbreken en maken te variëren wordt de motor gestuurd met bredere of smallere voedingspulsjes, waardoor het gemiddeld door de motor opgenomen vermogen uiteraard te regelen is. Bij smalle voedingspulsjes zal de motor traag gaan draaien, maar doordat wél de volle voedingsspanning wordt aangeboden zal de motor grote stroompulsen verbruiken, waardoor de belasting toch aangedreven kan worden. Een tweede voordeel van dit systeem is dat er weinig vermogen in de regelschakeling verloren gaat. Deze werkt immers als elektronische schakelaar en een dergelijke schakelaar heeft maar weinig eigen verbruik. Dergelijke regelingen laten het echter toch afweten als men het toerental van de motor zeer laag wil maken en de motor zwaar belast wordt. Een typisch voorbeeld van een dergelijke situatie is een elektrische schroevendraaier, die men op een zeer laag toerental laat draaien. Op dat moment zijn de zeer smalle stroompulsjes niet meer in staat de motor aan het draaien te brengen, zeker als de motor flink belast wordt door de zich in het hout draaiende houtschroef.
De allerbeste regelingen maken gebruik van een toerental terugkoppeling. Het reële toerental van de motor wordt door middel van een zogenoemde tacho-generator omgezet in een spanning. De grootte van deze spanning is recht evenredig met het toerental. Deze spanning wordt vergeleken met een instelwaarde, die het gewenste toerental dicteert. De schakeling zal nu zoveel vermogen aan de motor aanbieden, tot het gewenste toerental onder alle mogelijke omstandigheden wordt gehandhaafd.
Wordt de motor zwaarder belast, waardoor het toerental zou willen dalen, dan zal de tacho-generator minder spanning leveren en zal de regelschakeling het motorvermogen verhogen. Dergelijke schakelingen werken zeer betrouwbaar, maar hebben als groot nadeel dat men in staat moet zijn op de een of andere manier de tacho-generator te koppelen aan de as van de motor. In de dagelijkse praktijk is dat natuurlijk onmogelijk! Bovendien zijn tacho-generatoren zeer prijzig.

Het principe van de schakeling

De voorgestelde schakeling werkt volgens hetzelfde principe, maar dan zonder gebruik te maken van een tacho-generator. Er wordt uitgegaan van het feit dat een draaiende motor, die niet gevoed wordt, als generator werkt en een spanning aflevert waarvan de grootte afhankelijk is van het toerental. Op deze manier levert de motor dus zélf een tacho-signaal af, dat men kan gebruiken om het toerental van de motor te vergelijken met een ingestelde waarde! Grote vraag is hoe men een motor kan voeden met spanning om hem te laten draaien en tezelfdertijd de motor laten werken als vrijlopende tacho-generator. Dat kan natuurlijk niet zonder meer. De enige oplossing is de motor met pulsjes te voeden en tussen de pulsjes de gegenereerde tacho-spanning te meten. Een uniek principe dat heel erg goed werkt, maar nogal wat elektronica kost.

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



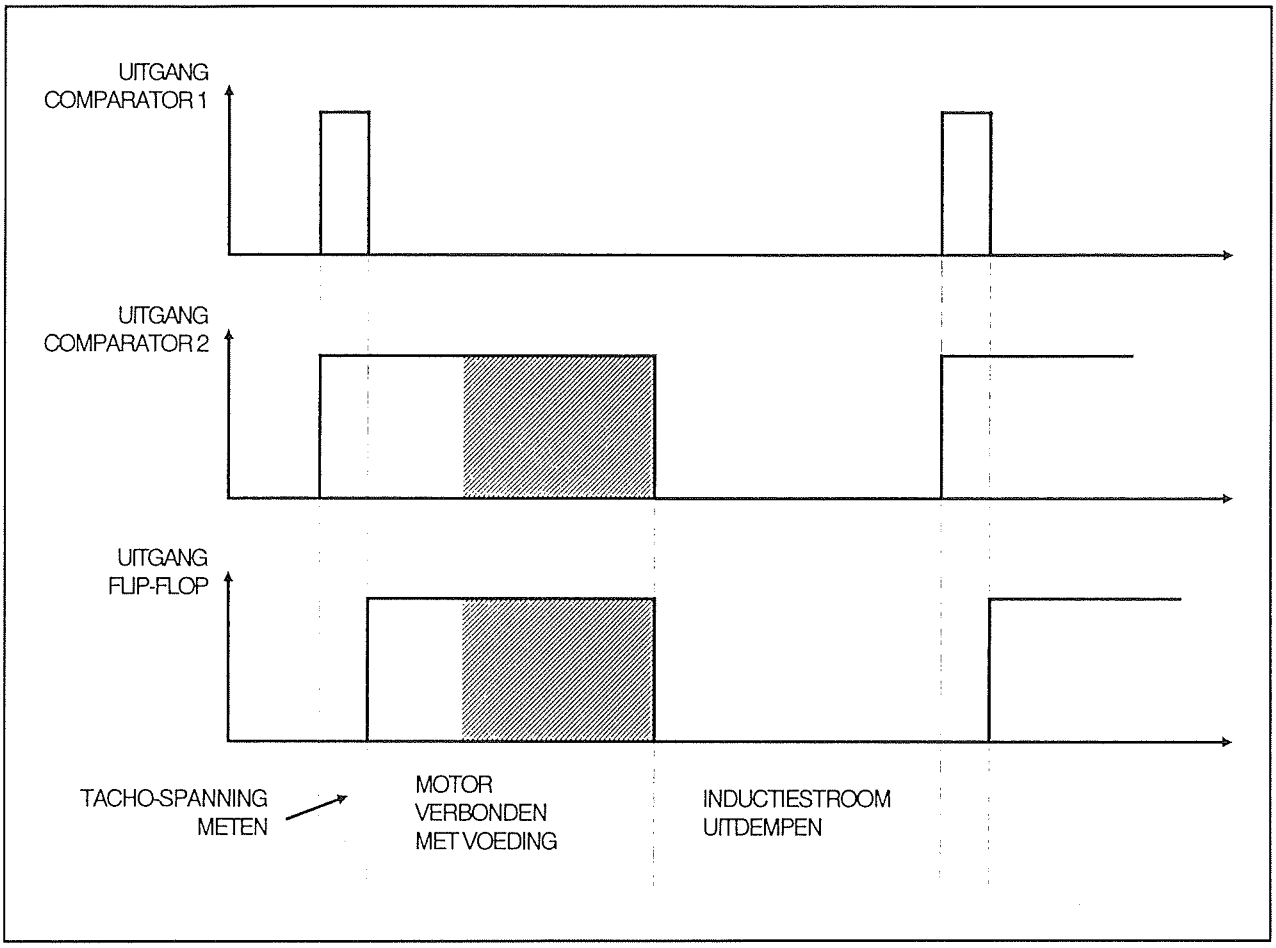
Figuur 4/14.30-1: Het blokschema van de toerental regeling.

In de beschreven schakeling wordt de motor ongeveer 125 keer per seconde gestuurd met een smal voedingspulsje. De breedte van deze pulsjes is niet constant, maar wordt bepaald door de regelschakeling. Na het wegvallen van een pulsje wordt even gewacht om de motor de gelegenheid te geven zijn inductiestroom te laten uitdoven. Een motor is immers een inductieve belasting en dergelijke belastingen verzetten zich tegen het wegvallen van de (voedings)stroom door het genereren van een tegen-EMK. Deze tegenspanning induceert een stroom in de windingen en deze stroom moet eerst uitsterven alvorens men de motor als tachogenerator kan gebruiken.

Nadien werkt de draaiende motor als ideale tacho-generator. De spanning die men tussen de klemmen van de motor meet is recht evenredig met het toerental. Dat wil zeggen dat de spanning verdubbelt als het toerental verdubbelt. Een meer dan ideale basis voor het opbouwen van een heel erg goede regeling, dus! De tacho-spanning wordt via een elektronische schakelaar even verbonden met een condensator.

Dit onderdeel wordt opgeladen tot de tacho-spanning en kan bij de volgende cyclus van de motorbesturing gebruikt worden op de tacho-spanning te vergelijken met een regelspanning die het gewenste toerental definieert.

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



Figuur 4/14.30-2: De timing van één cyclus van de schakeling.

Aan de hand van de vergelijking van beide spanningen wordt een smallere of bredere voedingspuls aan de motor aangeboden. Een en ander heeft tot gevolg dat de motor zo wordt gestuurd dat het toerental onder alle mogelijke kondities constant blijft. Iedere snelheidsverandering veroorzaakt immers een afwijkende spanning over de condensator. Een verschijnsel dat onmiddellijk gedetecteerd wordt door de regelschakeling en een smallere of bredere voedingspuls tot gevolg heeft.

Het blokschema van de schakeling

In figuur 4/14.30-1 is het blokschema van de schakeling getekend. De timing wordt verzorgd door een zaagtandgenerator. Het uitgangssignaal van dit blok stuurt twee identieke comparatoren. In de eerste wordt de zaagtand vergeleken met een vaste lage referentiespanning. In de tweede wordt de zaagtand vergeleken met de uitgangsspanning van de verschilversterker, die het verschil berekent tussen de tacho-spanning van de motor en de regelspanning die het gewenste toerental bepaalt. De twee uitgangen van de comparatoren sturen de SET- en de RESET-ingangen van een flip-flop. Het gevolg is dat op de uitgang van de flip-flop bij iedere zaagtand een puls ontstaat, waarvan de breedte bepaald wordt door de uitgangsspanning van de verschilversterker. De uitgang van de eerste comparator stuurt boven-

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

dien de elektronische schakelaar, waarmee de tacho-spanning van de motor wordt teruggekoppeld naar de verschilversterker. De uitgangsspanning van de flip-flop stuurt een eindtrapje, die de voedingsspanning doorverbindt met de motor.

In figuur 4/14.30-2 wordt de timing van de schakeling nog eens overzichtelijk samengevat. Een cyclus start op het moment dat de zaagtandspanning terugvalt naar nul. Dan gaan de uitgangen van beide comparatoren naar "H". Even later is de zaagtand gestegen tot de referentie van comparator 1 en wordt zijn uitgang weer "L". De breedte van de "H"-puls van comparator 2 is afhankelijk van het toerental van de motor. Vandaar het gearceerde deel in de grafiek. De flip-flop wordt geset en gereset op de achterflanken van de comparatorpulsen. Gedurende de smalle uitgangspuls van de eerste comparator wordt de elektronische schakelaar gesloten en wordt de tacho-spanning van de motor opgeslagen in de geheugencondensator. Op het moment dat deze spanning weer "L" wordt opent de schakelaar, wordt de uitgang van de flip-flop "H" en wordt de motor verbonden met de voedingsspanning. Op het moment dat de uitgang van de tweede comparator naar "L" gaat wordt de flip-flop gereset en valt de voeding van de motor weg. Gedurende de rest van de cyclus staat de motor "in zijn vrij" en kan de inductiestroom in de stator- en/of rotorwikkelingen zichzelf dempen.

Over de motor staat een weerstand, die er voor zorgt dat de magnetische energie die in de spoelen is opgeslagen kan oplossen. Nadien begint de volgende cyclus weer met het "H" worden van beide comparatoren en het sluiten van de elektronische schakelaar.

Het praktisch schema

In figuur 4/14.30-3 is het volledig uitgewerkt praktisch schema van de schakeling getekend. De bespreking kan gevolgd worden aan de hand van de reële timingkarakteristieken van figuur 4/14.30-4. De linker grafieken gelden voor een laag toerental, de rechter voor een hoog.

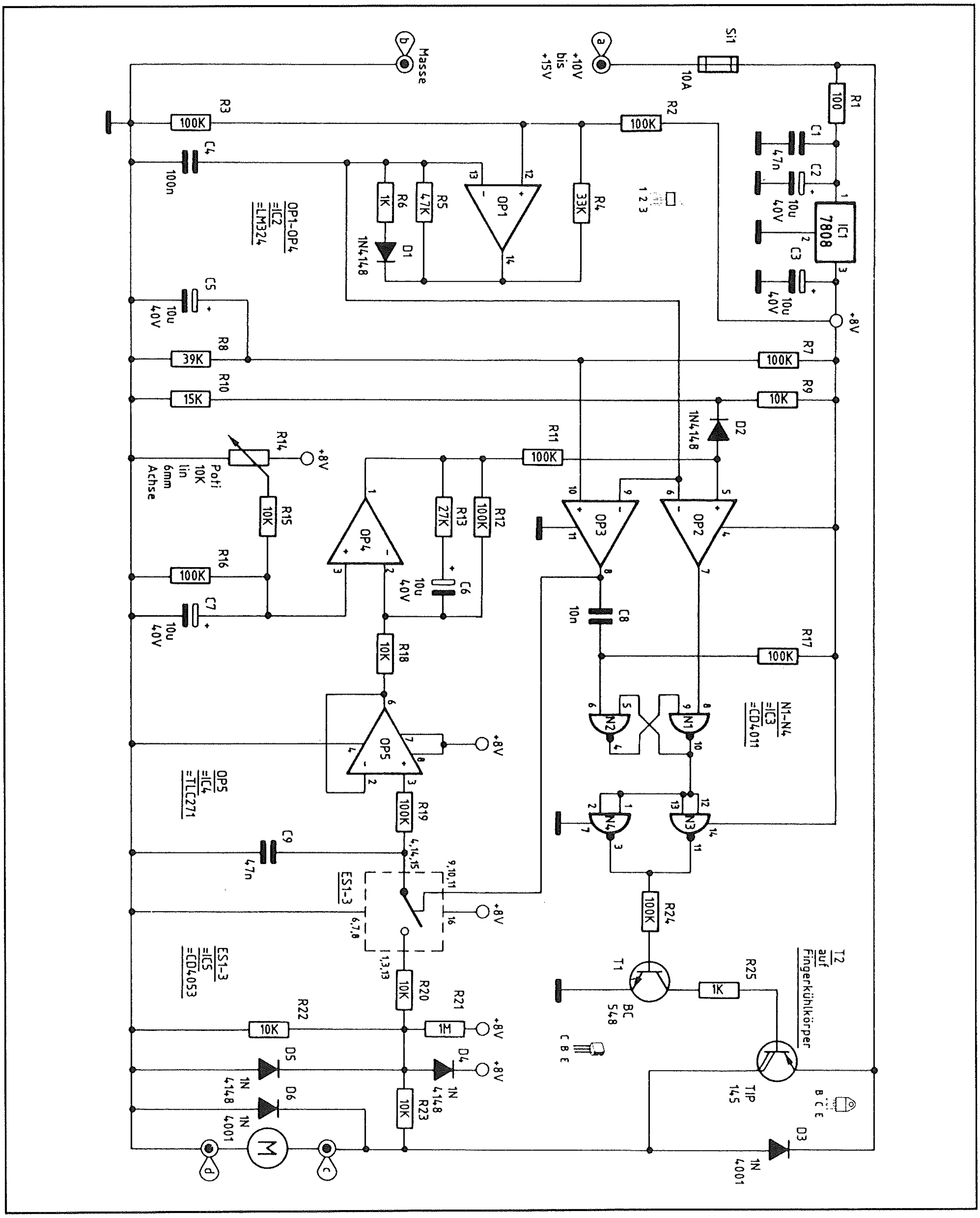
De zaagtandgenerator is op de klassieke manier opgebouwd rond operationele versterker OP1.

De niet-inverterende ingang wordt door middel van de spanningsdeler R2/R3 ingesteld op de helft van de voedingsspanning. De inverterende ingang gaat via de condensator C4 naar de massa. Bij het inschakelen van de voedingsspanning is dit onderdeel volledig ontladen, zodat de inverterende spanning veel kleiner is dan de niet-inverterende. Het gevolg is dat de uitgang van de op-amp "H" is. De condensator gaat nu opladen via de weerstand R5. Op het moment dat de spanning over dit onderdeel gelijk wordt aan de helft van de voedingsspanning schakelt de uitgang van de op-amp naar "L" De weerstand R4 zorgt ervoor dat de spanning op de niet-inverterende ingang lager wordt, zodat de gestelde situatie blijft bestaan, ook als de spanning over de condensator daalt. Dat gebeurt vrij snel, omdat de condensator via de nu geleidende diode D1 kan ontladen naar de lage uitgang via de kleine weerstand R6. Als de spanning over de condensator gelijk wordt aan de nieuwe, nu lagere, spanning op de niet-inverterende ingang wordt de uitgang van de op-amp weer L en begint een nieuwe cyclus. Over de condensator C4 ontstaat dus een zaagtandvormige spanning, omdat de condensator langzaam oplaadt via de grote R5 en langzaam ontlaadt via de kleine R6. De zaagtandspanning over de condensator wordt rechtstreeks aangeboden

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

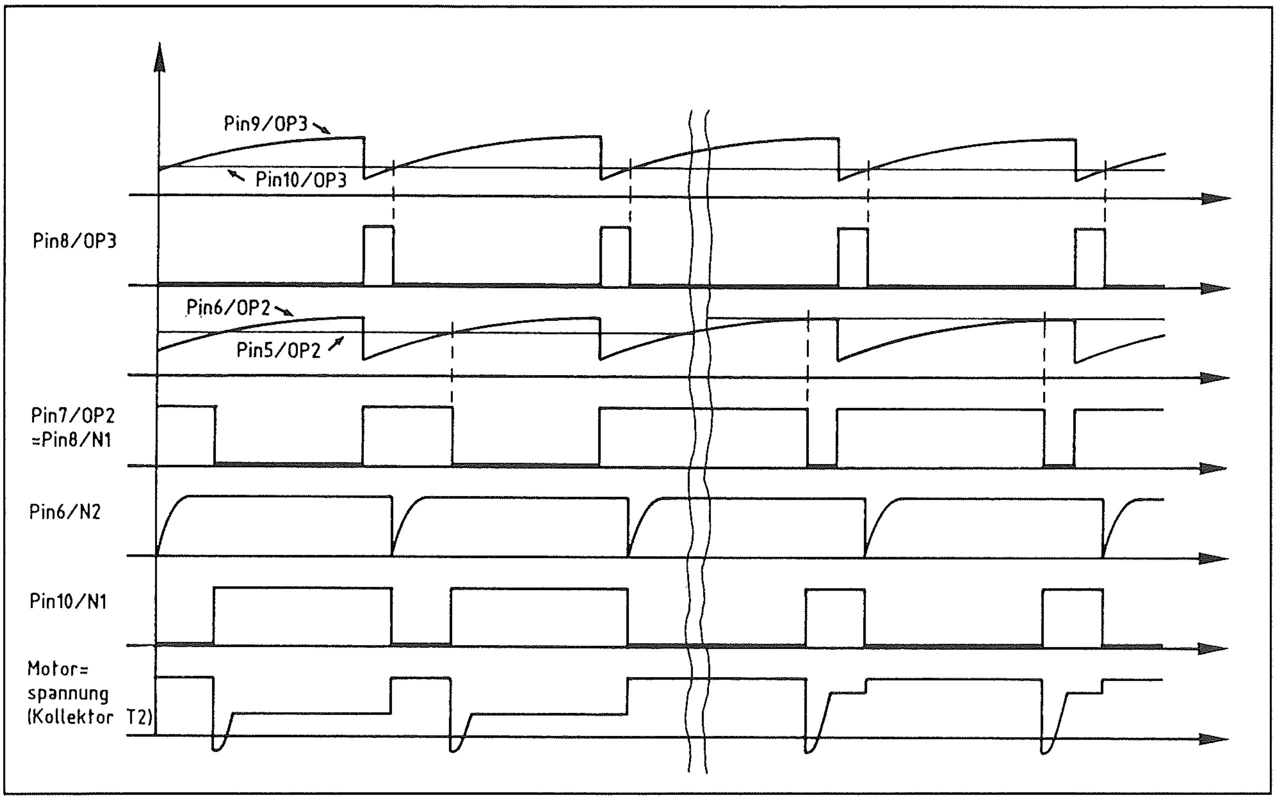
aan de inverterende ingangen van de operationele versterkers OP2 en OP3.
OP3 vormt comparator 1 uit het blokschema van figuur 4/14.30-2. De niet-inverterende ingang is aangesloten op de referentiespanning die wordt geproduceerd door de spanningsdeler R7/R8. Deze referentie wordt goed ontkoppeld door middel van de elco C5. Bij het begin van de cyclus is de niet-inverterende spanning hoger dan de inverterende, zodat de uitgang van de schakeling "H" is. De uitgang van OP3 stuurt de stuuringang van de elektronische schakelaar ES1-3. Omdat deze schakeling met positieve logica werkt, zal de schakelaar sluiten. De tacho-spanning van de motor wordt gemeten. Ook de uitgang van OP2, de tweede comparator uit het blokschema, is op dit moment "H". Op het tijdstip dat de zaagtand-spanning groter wordt dan de spanning over de condensator C5 slaat OP3 om, de uitgang gaat naar "L". De schakelaar ES103 sluit. Ingang 6 van poort N2 wordt nu via de condensator C8 gestuurd met een negatief pulsje, waardoor de flip-flop die uit de vier poorten bestaat omklapt en de uitgang (pennen 3 en 11) "H" wordt. Via weerstand R24 wordt de transistor T1 in verzadiging gestuurd. Het gevolg is dat de darlington T2 basisstroom kan trekken en ook deze halfgeleider in verzadiging wordt gestuurd. De motor M wordt nu verbonden met de voedingspanning. Op dit moment is de condensator C9 opgeladen tot de tacho-spanning die door de motor M gegenereerd was gedurende de "H"-periode van OP3. Deze spanning wordt via de weerstandsdeler R22/R23 aan de ingang van de elektronische schakelaar ES1-3 aangeboden. Omdat deze schakelaar een heel gevoelig CMOS-IC is, wordt de nodige aandacht besteed aan de beveiliging. De diode D6 staat rechtstreeks over de motor geschakeld. Deze zorgt enerzijds voor het dempen van inductie-spanningen en -stromen en anderzijds voor de bescherming van de schakelaar tegen te hoge tegen-EMK's. Na de weerstandsdeler staan nog eens twee extra beveiligingsdioden, die ervoor zorgen dat de ingangsspanning nooit hoger kan worden dan de voedingsspanning en nooit lager dan het massapotentiaal. De spanning over de geheugencondensator C9 wordt gebufferd door de operationele versterker OP5. Deze zorgt ervoor dat de spanning over de condensator constant blijft op die momenten dat de schakelaar ES1-3 weer geopend is. De gebufferde condensatorspanning wordt via de weerstand R18 aangeboden aan de inverterende ingang van de operationele versterker OP4. Dit IC is geschakeld als verschilversterker. Het systeem berekent het verschil tussen de tacho-spanning over condensator C9 en de instelspanning voor het gewenste toerental. Deze spanning wordt ingesteld met behulp van de potentiometer R14. Ook deze spanning wordt via de condensator C7 goed ontstoord en afgevlakt. Om het systeem niet te gevoelig te maken wordt de versterking van de verschilversterker gereduceerd door de weerstand R12 in de terugkoppeling. Ook het netwerkje R13/C6 heeft een stabiliserende werking op het systeem. De verschilversterker krijgt daardoor een integrerende werking, waardoor het systeem minder gevoelig wordt voor stoorpulsen. De waarden van deze onderdelen zijn gedimensioneerd voor een optimale regelkarakteristiek. Men kan echter best experimenteren met de waarde van de weerstand R12. Door het vergroten van dit onderdeel zal de schakeling pittiger reageren op onverwachte schommelingen in de motorbelasting.

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



Figuur 4/14.30-3: Het volledig schema van de toerental regeling.

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



Figuur 4/14.30-4: De golfvormen in de praktische schakeling.

Bij een te grote waarde van dit onderdeel kunnen echter instabiliteiten optreden, waardoor de motor gaat "hikken". Bruikbare waarden voor deze weerstand liggen tussen 10 kΩ en 220 kΩ.
De uitgangsspanning van de verschilversterker stuurt via de weerstand R11 de niet-inverterende ingang van OP2. Hier wordt deze spanning vergeleken met de zaagtand en wordt de noodzakelijke impulsbreedte sturing van de motor gerealiseerd. Het netwerk R9/R10/D2 zorgt ervoor dat de spanning op de niet-inverterende ingang niet te groot kan worden. Bij een te grote waarde van deze spanning zou het immers kunnen gebeuren dat de motor te lang met de voedingsspanning gestuurd wordt, waardoor de periode die beschikbaar staat voor het uitdempen van de inductiestroom te kort wordt.
De elektronische schakelaar zou dan gesloten worden op het moment dat de spanning over de motor meer bepaald wordt door deze stroom dan door de snelheid van de motor. Het zal duidelijk zijn dat het systeem dan volledig op hol slaat!

De voeding

De schakeling kan in de basisopstelling gevoed worden uit een gelijkspanning tussen +10 V en +15 V. Door middel van de geïntegreerde spanningsregelaar IC1 wordt hieruit een goed gestabiliseerde spanning van +8 V afgeleid voor de interne schakelingen. Vanwege de pulsbreedte sturing en het principe van de tachometing zal het duidelijk zijn dat de motor niet gedurende de volledige cyclus met de voedingsspanning verbonden kan worden. Het gemiddelde vermogen dat in de

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

motor wordt opgewekt is dus lager dan de maximale waarde. Een 12 V motor zal, gevoed uit 12 V, dus nooit zijn maximaal vermogen en toerental kunnen halen! Vandaar dat het noodzakelijk is de voedingsspanning steeds enige volt hoger te kiezen dan de bedrijfsspanning die op de motor vermeld staat. Met de toegepaste darlington en een goede koeling kan de schakeling een piekstroom van ongeveer 10 A leveren.
Een eigenschap van alle impulsbreedte besturingen is dat de piekstroom ook geleverd wordt als het toerental van de motor zeer laag is ingesteld. Dat kan problemen geven als men een gestabiliseerde, kortsluitbeveiligde voeding gebruikt. Dergelijke schakelingen kunnen immers geen hoge piekstromen leveren, omdat de kortsluitbeveiliging dan onmiddellijk in werking treedt en de uitgangsspanning verlaagt. Het is dus beter een ongestabiliseerde voeding te gebruiken, die wordt afgesloten door een zo groot mogelijke afvlakelco. Een waarde van 10.000 µF is echt geen overbodige luxe!
Door het aanpassen van de waarde van de weerstand R23 kan de schakeling aangepast worden aan voedingsspanningen tussen +5 V en +25 V:

- voedingsspanning: +5 V tot +10 V
  weerstand R23: 1 kΩ
- voedingsspanning: +10 V tot +15 V
  weerstand R23: 10 kΩ
- voedingsspanning: +15 V tot +20 V
  weerstand R23: 18 kΩ
- voedingsspanning: +20 V tot +25 V
  weerstand R23: 27 kΩ

Als de beschikbare voedingsspanning kleiner is dan +10 V moet men de stabilisator IC1 uit de print verwijderen en de in- en uitgangsklemmen van dit onderdeel op de print door middel van een draadbruggetje overbruggen. Het is dan wel noodzakelijk de print te voeden uit een goed gestabiliseerde spanning. Uit deze spanning worden immers diverse referentiespanningen afgeleid en deze moeten uiterst stabiel blijven.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1	=	100	Ω
R2,R3,R7,R11, R12,R16,R17, R19,R24	=	100	kΩ
R4	=	33	kΩ
R5	=	47	kΩ
R6,R25	=	1	kΩ
R8	=	39	kΩ
R9,R15,R18, R20,R22	=	10	kΩ
R10	=	15	kΩ
R13	=	27	kΩ
R21	=	1	MΩ
R23	=	zie tekst	

Potentiometer, lin, mono:

R14	=	10	kΩ

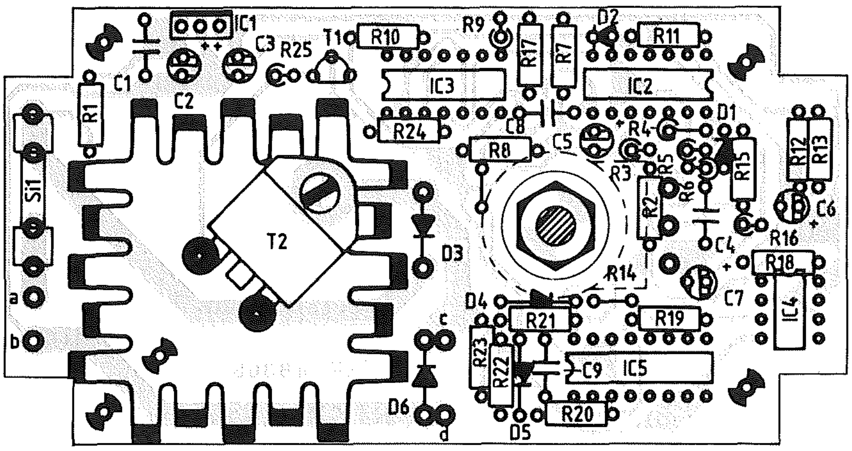
Condensatoren:

C1,C9	=	47	nF	MKH
C2,C3,C5, C6,C7	=	10	µF	40 V elco
C4	=	100	nF	MKH
C8	=	10	nF	MKH

Halfgeleiders:

D1,D2,D4,D5	=	1N4148
D3,D6	=	1N4001
T1	=	BC548
T2	=	TIP145
IC1	=	7808
IC2	=	LM324
IC3	=	CD4011
IC4	=	TLC271
IC5	=	CD4053

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



Figuur 4/14.30-6: De componentenopstelling van de snelheidsregeling.

Diversen:
1 x printzekeringhouder
1 x 10 A zekering
1 x vingerkoelplaat
4 x afstandsbusje 5 mm
4 x printsoldeerlipje
4 x M3x10 boutje
2 x M3x8 boutje
6 x M3 moertje
1 x knop voor 6 mm as

De bouw van de schakeling
De volledige schakeling kan ondergebracht worden op het printje van figuur 4/14.30-5, gepubliceerd op de transparante printpagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.30-6.
Na het aanbrengen van de draadbruggen en het kleine grut (weerstanden en dioden) kunnen de condensatoren en de halfgeleiders worden gesoldeerd. De TIP145 moet op een forse vingerkoelplaat worden gemonteerd, waarbij het gebruik van warmtegeleidende pasta wordt aanbevolen. De middelste poot van de darlington kan worden afgeknipt, omdat de elektrische verbinding met de collector tot stand komt via de bevestigingsschroef.
Hierbij is het aan te bevelen de M3 moer waarmee men het onderdeel bevestigt vast te solderen op het koperen eilandje rond het bevestigingsgaatje. De bedieningspotentiometer wordt op de koperzijde bevestigd, door middel van drie kleine draadjes kunnen de aansluitlipjes op de print gesoldeerd worden.

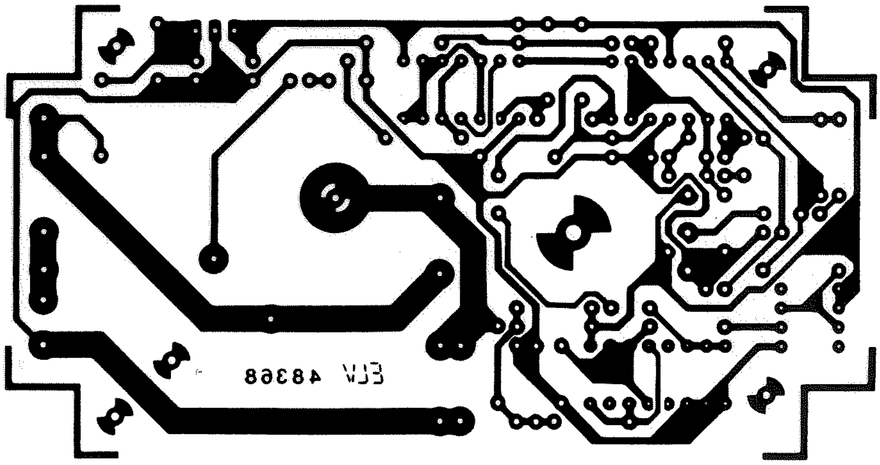
In bedrijf nemen
De schakeling heeft geen afregelelementen, zodat het volstaat de voeding aan te sluiten tussen de printsoldeerlipjes a en b en de motor tussen de lipjes c en d. Het toerental van de motor moet nu over een breed gebied regelbaar zijn door het verdraaien van de potentiometer R14.
Een opmerking: de schakeling is alleen door middel van de 10 A zekering tegen kortsluiting beschermd. Wordt de motor kortgesloten, alles behalve denkbeeldig bij gebruik bij modeltreinen, dan zal de zekering onmiddellijk doorbranden. Vanwege de smalle stroompulsen zal de darlington een dergelijk evenement wel overleven, maar dergelijke grapjes kosten op de lange duur een kapitaal aan zekeringen!

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze toerental regeling voor DC-motoren in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print met componentenopdruk en soldeermasker, wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB Nijverdal,
telefoon 05486-17475,
fax 05486-12678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 8232. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren

14.30 Toerental regeling voor DC-motoren



Figuur 4/14.30-5: De print van de schakeling.

4/14.31

IR-afstandsbediening met groot bereik

Het systeem

Inleiding

Er bestaan diverse systemen voor het samenstellen van een systeem waarmee men op grote afstand (tientallen meter) draadloos apparatuur in en uit kan schakelen.

Het best bekende systeem en tevens het systeem met het grootste bereik is het radiografische. Hierbij wordt de link tussen zender en ontvanger met HF-signalen gelegd. Dit blijft buiten beschouwing, want er bestaan maar een paar golflengtes die door de overheid voor dit doel ter beschikking zijn gesteld en het zélf maken van dergelijke systemen is niet zo eenvoudig.

Het tweede systeem werkt elektromagnetisch. In de ruimte waarin het systeem moet werken, wordt een grote spoel aangelegd. De zender stuurt een wisselspanning door deze spoel, de ontvanger pikt een deel van het daardoor ontstane elektromagnetisch veld op, zet dit om in een spanning en stuurt er een apparaat mee. Een betrouwbaar systeem, maar nogal omvangrijk en bewerkelijk!

Het derde systeem maakt gebruik van onzichtbaar infrarood licht (IR). De zender straalt even een krachtige IR-straal uit naar de ontvanger. Deze pikt dit signaal op met een IR-diode, versterkt het en stuurt het te bedienen apparaat.

Dit derde systeem is het gemakkelijkst te maken, maar heeft als nadeel een klein bereik. De meeste apparatuur die in de handel is komt niet verder dan een meter of tien. In dit hoofdstuk wordt een dergelijk systeem beschreven met een reikwijdte van gemiddeld 20 m. Dit groot bereik is een gevolg van het toepassen van speciale IR-LED's die even zeer krachtig worden aangestuurd en een zeer gevoelige afgestemde versterker in de ontvanger.

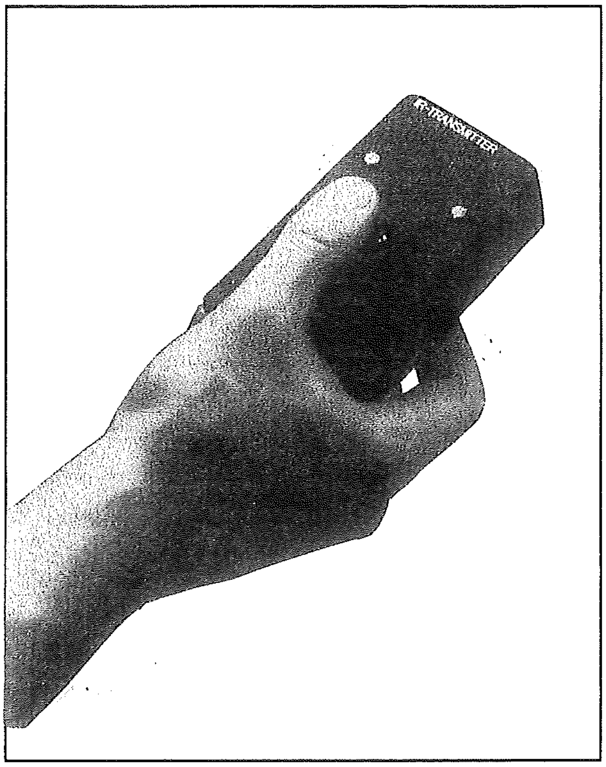
Systeembeschrijving

Zoals uit de foto van figuur 4/14.31-1 blijkt, is de zender ondergebracht in een handzaam kastje. Dat kastje is uitgerust met een drukknop en meer niet. Door het drukken op die knop zal de zender een bepaald (daar komen we later op terug) IR-signaal uitzenden. In de bovenkant van de zender zijn daarvoor vijf gaatjes aangebracht, waardoor even veel IR-LED's naar buiten kijken.

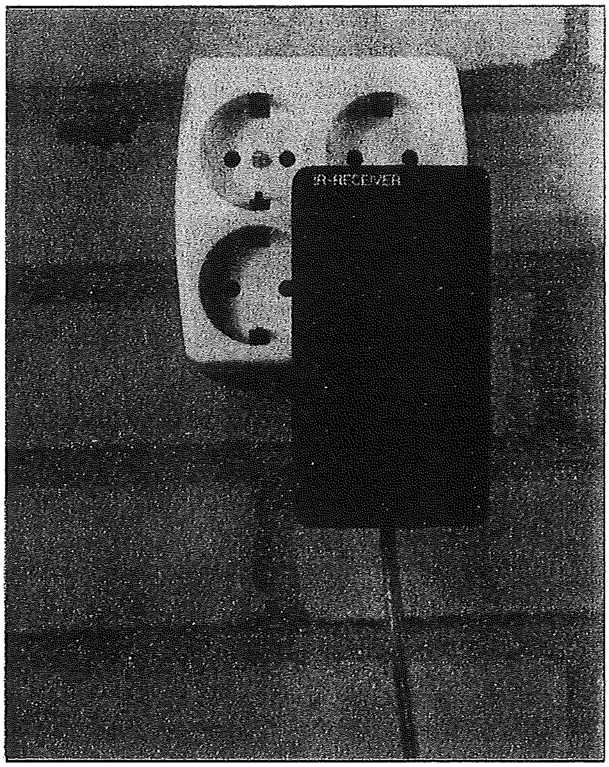
LEES OOK:

Hoofdstuk 4/14.27
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 4/14.39
Hoofdstuk 4/14.62

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-1: Een impressie van de zender.



Figuur 4/14.31-2: De behuizing van de ontvanger.

De ontvanger heeft een wel zeer speciale behuizing gekregen. In principe is de ontvanger ondergebracht in een identiek kastje als de zender. Door dit kastje echter te combineren met een tweede kastje ontstaat een geheel, dat men rechtstreeks in een wandstopcontact kan duwen, zie figuur 4/14.31-2. De op afstand te bedienen belasting wordt rechtstreeks aangesloten op de ontvanger, zodat de behuizing van deze schakeling min of meer beschouwd kan worden als een erg grote steker.
Deze constructie ziet er erg mooi en aardig uit, maar heeft natuurlijk als nadeel dat het gebruik enigszins beperkt is. Zo kunnen alleen stekerdozen gebruikt worden, die op een redelijke afstand van de vloer zijn aangebracht en die bovendien niet door meubels of andere kamerattributen worden afgeschermd.

Bovendien moet het op afstand te bedienen apparaat altijd hetzelfde wezen. Maar, iedere nabouwer zal toch wel zélf in staat zijn de ontvangerprints zo in een kastje te bouwen dat specifieke toepassingen mogelijk worden!

Systeemeisen

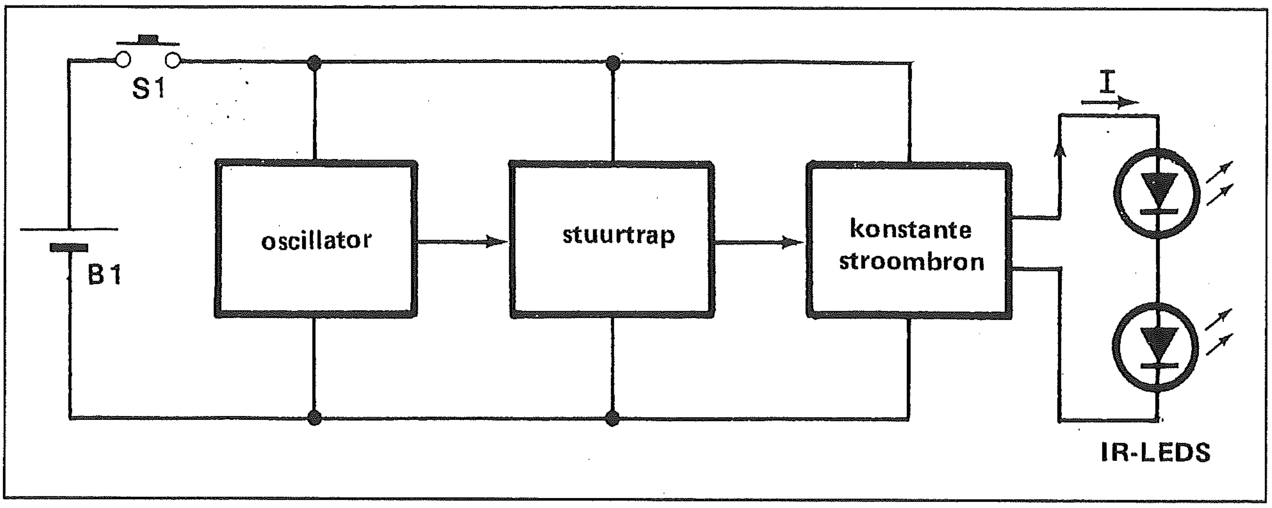
Aan een IR-afstandsbesturing zijn twee voorname eisen te stellen, die de elektronische "vertaling" van het principe in een werkende schakeling vastleggen. In de eerste plaats zal de zender zo weinig mogelijk energieverbruik moeten koppelen aan een zo groot mogelijke reikwijdte. Deze eis wordt bepaald door de noodzaak dat de zender gevoed moet worden uit zo klein mogelijke batterijtjes.
De zender moet immers gemakkelijk hanteerbaar zijn en opgeborgen kunnen worden.

Vandaar dat het meest voor de hand liggende werkingsprincipe van de zender, namelijk een serieschakeling van een batterij, een drukknop en een aantal IR-LED's, niet bruikbaar is. De grote stroom, die door de LED's moet vloeien om een acceptabele reikwijdte te verkrijgen, zou de batterijen erg snel uitputten. Vandaar dat de zenderschakeling zo ontworpen moet worden, dat er door de LED's korte stroompulsjes van een bepaalde frequentie worden gestuurd. De piekstroom door de LED's kan dan toch erg groot zijn, maar de gemiddelde stroom die de batterijen moeten leveren is laag.
Deze methode komt ook van pas bij de bespreking van de tweede eis, waaraan een IR-afstandsbesturing moet voldoen. De ontvanger heeft namelijk een geheugen, dat de commando's van de zender opslaat en de belasting in- dan wel uitschakelt. Nu mag het natuurlijk niet voorkomen dat dit geheugen wordt gestuurd door stoorpulsen. De belasting zou dan op de meest ongelegen momenten in- of uitgeschakeld kunnen worden. Kortom, de schakelingen van zowel zender als ontvanger moeten zo uitgevoerd worden, dat zoveel mogelijk grapjes kunnen worden ingebouwd die de gevoeligheid van het systeem voor stoorpulsen reduceren.
De noodzaak dat de zender uit energiebezuiniging een trein van heel korte pulsjes moet uitzenden, biedt de mogelijkheid een eerste stooronderdrukking in de ontvanger in te bouwen. Als men namelijk de ontvangerschakeling zo ontwerpt dat die een maximale gevoeligheid heeft voor de frequentie van de zenderpulsjes, dan zal hij stoorpulsen, bijvoorbeeld optredend bij het aanschakelen van een TL-buis, veel minder versterken en dus onderdrukken. Een tweede storingsonderdrukking kan ingebouwd worden door de ontvanger alleen maar te laten reageren op pulsen, die een bepaalde tijdslengte hebben. Stoorpulsen, zo bewijst de praktijk, zijn meestal zeer kort. Als men de ontvanger zo uitvoert dat hij alleen reageert op een IR-lichtstraal, die langer dan een seconde aanwezig is, dan zullen korte stoorpulsen geen kans krijgen het systeem te penetreren.

De zender

Inleiding
Zoals uit het inleidende verhaaltje blijkt, moet de zender van een infrarode afstandsbesturing aan een aantal eisen voldoen.
Om de storingsongevoeligheid van het systeem te vergroten is het noodzakelijk dat de zender geen constante infrarode lichtstraal uitzendt, maar een op een bepaalde frequentie pulserende straal. In de ontvanger kan men dan gebruik maken van een afgestemde selectieve versterker, die alleen signaaltjes met die bepaalde frequentie versterkt. De ontvanger reageert dan wel op de lichtstraal van de zender, maar niet op bijvoorbeeld stoorpulsen die ontstaan door het aanschakelen van een TL-buis.
Omdat de zender uit batterijen wordt gevoed moet de aan/uit-verhouding van de zendpulsjes zo groot mogelijk zijn. De reikwijdte van de zender wordt voornamelijk bepaald door de stroom die door de IR-LED's wordt gestuurd. Deze moet dus zo groot mogelijk zijn.
Om een goede werking te garanderen moet deze stroom bovendien constant worden gehouden. Alleen dan is men ervan verzekerd dat de ouderdom van de batterijen geen invloed heeft op de werking van het systeem.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



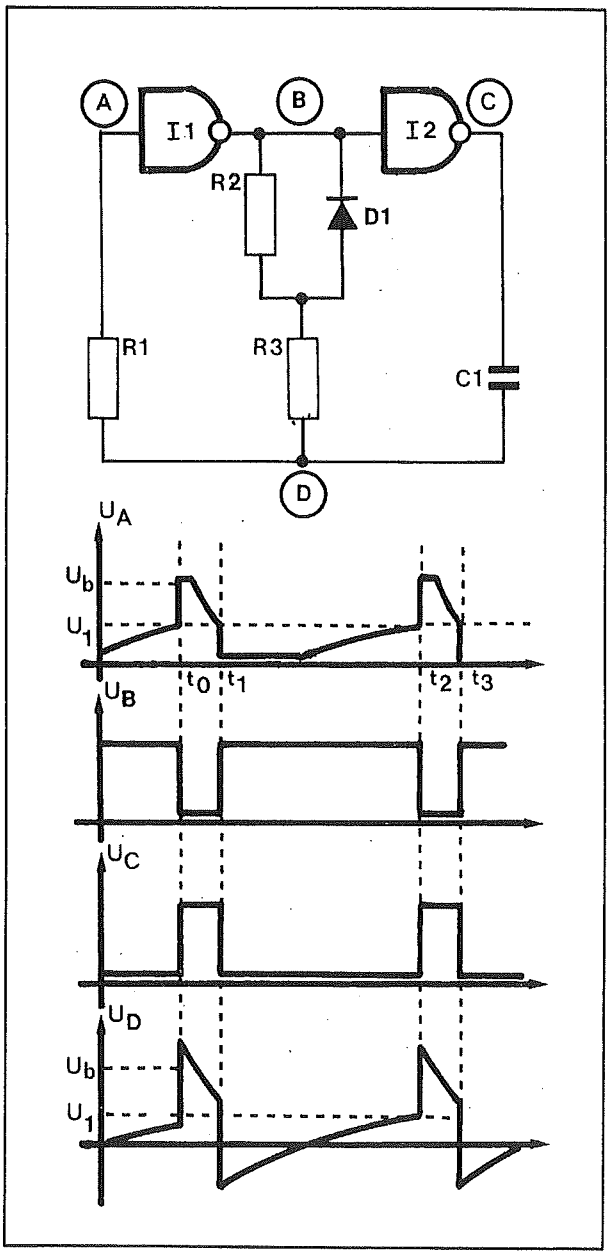
Figuur 4/14.31-3: Het blokschema van de zender.

Het blokschema van de zender
Figuur 4/14.31-3 geeft het eenvoudige blokschema van de schakeling. Dit is opgebouwd uit een stabiele 1 kHz oscillator, een stuurtrap en een constante stroombron. De oscillator moet zeer frequentiestabiel zijn, dat zal wel duidelijk zijn geworden uit het inleidende verhaaltje over het principe van IR-afstandsbediening.
De zenderschakeling wordt gevoed uit batterijtjes, namelijk uit twee stuks 9 V cellen. Deze moeten gedurende de 1,5 seconde van het commando een zeer grote stroompiek leveren (200 mA). Het gevolg is dat de batterijspanning in elkaar stort. Dat wordt in de schakeling enerzijds opgevangen door het stabiliseren van de spanning vòor de oscillator. Maar dat is niet voldoende! Het is noodzakelijk een soort schakeling te kiezen die als eigenschap heeft dat de opgewekte frequentie zeer onafhankelijk is van de voedingsspanning. Een zeer eenvoudige schakeling, die binnen zeer ruime grenzen aan die eis voldoet, is een vierkantsgolf oscillator die is opgebouwd met twee poorten uit een CMOS-IC. Vandaar dan ook dat die schakeling is toegepast.
Het gebruik van dit soort IC's heeft wel een groot nadeel. Zij kunnen namelijk geen stroom van enige betekenis leveren. Vandaar de noodzaak van de stuurtrap, die het 1 kHz signaaltje van de oscillator versterkt. De stuurtrap wordt ook gebruikt voor het besturen van de constante stroombron.
De combinatie van de drie blokken zal ervoor zorgen dat door de IR-LED's korte, constante stroompulsjes worden gestuurd met een frequentie van 1 kHz. Uit het blokschema volgt dat er niet moeilijk is gedaan over het in- en uitschakelen van de zender. Dat gaat door het indrukken van de schakelaar S1, waarmee de voedingsspanning al dan niet aan de schakeling wordt aangeboden. Tot slot een woordje over het voordeel van het gebruik van een constante stroombron voor het aansturen van de LED's. In principe hoeft dat niet. De LED's hebben een bepaalde maximale stroomcapaciteit. Voor het verkrijgen van een maximale reikwijdte is het belangrijk de stroom door de LED's zo groot als is toegestaan te maken. In principe zou dit kunnen door het in serie opnemen van een stroombegrenzings-

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

weerstand. De waarde van die weerstand kan berekend worden uit de voedingsspanning, de spanningsval over de LED's en de maximale stroom. Als dan echter, door veroudering van de batterijen, de voedingsspanning daalt dan zal ook de stroom door de LED's afnemen en dus de reikwijdte van de afstandsbediening. Het toepassen van een constante stroombron heeft tot gevolg dat de stroom door de LED's in veel mindere mate afhankelijk wordt van de voedingsspanning. De stroom door de LED's wordt nu immers constant gehouden op de maximale waarde. Eerst als de batterijen zo goed als uitgeput geraken, zal de stroom dalen. De schakeling van de constante stroombron is dan niet meer in staat de stroom in te regelen op de gewenste waarde, omdat de batterijen deze stroom op dat moment niet meer kunnen leveren.

Het principiële schema van de oscillator
Figuur 4/14.31-4 geeft het eenvoudige schema van een vierkantsgolf oscillator die is opgebouwd uit twee CMOS NAND-poorten. De poorten werken als inverters, wat wil zeggen dat de spanning op de uitgang altijd het (logische) inverse is van de spanning op de ingang. Dus: als de ingang "L" is, dan zal de uitgang van de poort "H" zijn. In het inleidend verhaaltje is verklapt waarom de dioden het meest economisch aangestuurd kunnen worden met een niet-symmetrische blokgolf. De schakeling van figuur 4/14.31-4 levert dan ook een blokgolf waarvan de "aan"-tijd veel kleiner is dan de "uit"-tijd. Dat wil dus zeggen dat de "H"-periode van de blokgolf vele malen kleiner is dan de "L"-periode. De werking van de schakeling volgt uit de grafieken, waarin het verloop van de spanning op de verschillende punten in functie van de tijd is getekend.



Figuur 4/14.31-4: Het principiële schema van de oscillator.

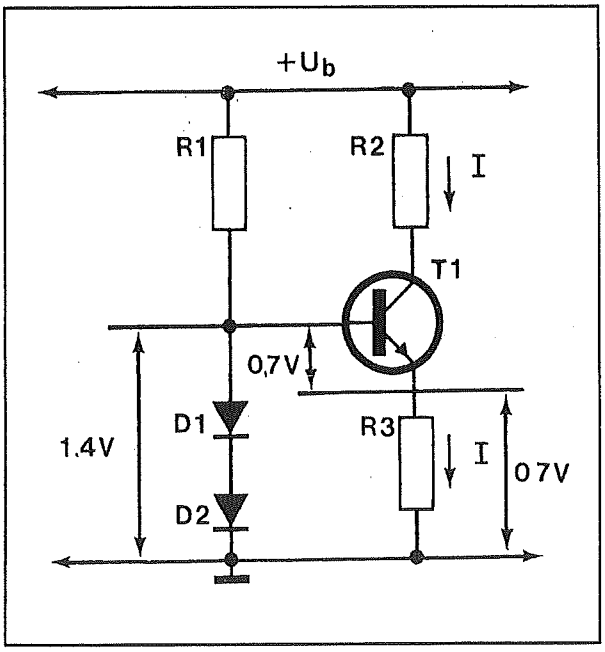
Stel dat om een of andere reden op tijdstip t_0 de uitgangsspanning van de oscillator (U_C) van "L" naar "H" springt. Condensator C1 zal deze sprong in zijn geheel doorkoppelen naar punt D. Een condensator heeft immers een zeer kleine weerstand voor dergelijke plotselinge spanningssprongen. Uit de grafiek volgt dat,

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

net voor die sprong, de spanning op punt D een bepaalde waarde U_1 had. De spanningssprong van "L" naar "H" wordt bij deze aanwezige spanning opgeteld, zodat de spanning op punt D gelijk wordt aan $U_1 + U_b$. U_b is de voedingsspanning van de schakeling. Omdat de CMOS-IC's werken met niveaus die gelijk zijn aan massa ("L") en de voedingsspanning ("H"), is het logisch dat de condensator een spanningssprong met als waarde de voedingsspanning doorkoppelt naar punt D.
Omdat de tweede poort als inverter werkt, is het logisch te veronderstellen dat de ingang van deze poort (punt B) op tijdstip t_0 van "H" naar "L" gaat. Er was immers verondersteld dat de uitgang de inverse sprong maakt. Punt B is dus gelijk aan massa-potentiaal. De condensator C1 kan dus zijn lading kwijt naar massa via weerstand R3 en de serieschakeling van weerstand R2 en D1. Het zal duidelijk zijn dat de ontlaadstroom de weg van de minste weerstand kiest en dat is in dit geval de geleidende diode D1. Punt D is immers positiever dan punt B, zodat het niet te gewaagd is te veronderstellen dat dit onderdeel inderdaad geleidt. Gevolg van een en ander is dat de spanning op punt D vrij snel gaat dalen. De ontlaadstroom is namelijk vrij groot omdat alleen de kleine weerstand R3 deze stroom begrenst. De spanning op punt D komt, via weerstand R1, ook terecht op de ingang van de eerste poort. Uit de grafiek blijkt dat niet de volledige spanningssprong van D op A terug te vinden is. Dat heeft iets te maken met de inwendige structuur van de CMOS-IC's. Een beveiligingsnetwerkje aan iedere ingang zorgt er namelijk voor dat de spanning op de ingang nooit hoger kan worden dan de voedingsspanning U_b of nooit lager kan worden dan het massapotentiaal. In ieder geval zal het duidelijk zijn dat na de spanningssprong op t_0 de ingang van I1 "H" wordt. Uitgang van die poort (punt B) is dus "L", wat overigens al eerder geconstateerd was. Op een bepaald moment (tijdstip t_1) is de condensator C1 zover ontladen dat de spanningen op de punten A en D gelijk worden aan een bepaalde waarde U_1. Deze spanning is gelijk aan de "overstag"-waarde van de poort I1. Als de spanning op punt A gelijk wordt aan U_1 zal de poort omklappen van de ene toestand naar de andere. Dus: op $t = t_1$ wordt de uitgang van deze poort (punt B) gelijk aan "H". Het directe gevolg is dat ook de spanning op punt C zal omklappen van "H" naar "L". Deze plotselinge spanningssprong wordt door C1 doorgekoppeld naar punt D, waardoor de spanning op dat punt gelijk wordt aan $U_1 - U_b$. Via weerstand R1 deelt punt A in de vreugde, hoewel slechts gedeeltelijk, want de interne beveiliging van het IC begrenst de spanning op punt A op massa-potentiaal. De condensator C1 kan zich nu gaan opladen. Punt B is immers positief ten opzichte van punt D. Hieruit volgt echter dat de diode D1 spert, zodat de oplaadstroom bepaald wordt door de serieschakeling van R2 en R3. Omdat R2 groter is dan R3 zal de oplaadstroom van C1 vele malen groter zijn dan de ontlaadstroom. Met andere woorden: het duurt veel langer alvorens de condensator zich opgeladen heeft tot de spanning U1. Op tijdstip t_2 is het zover. Punten A en D voelen zich geconfronteerd met de beruchte "overstag"-spanning, zodat beide poorten plotseling van toestand veranderen. Tijdstip t_2 komt overeen met tijdstip t_0, waarmee deze verklaring geopend werd. De werking van de schakeling is hiermee verklaard. De beginpositie, namelijk C springt van "L" naar "H" en D zit op U_1, blijken te kloppen met de realiteit.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

Concluderend kan men stellen dat op de uitgang van de schakeling een pulserende spanning ontstaat, waarvan de "H"-periode veel kleiner is dan de "L"-periode. De frequentie van de opgewekte pulsen wordt uiteraard bepaald door de snelheid waarmee de condensator C1 zich kan op- en ontladen. Het zal duidelijk zijn dat men die snelheid kan beïnvloeden door het variëren van de weerstanden R2 en R3. Door een van beide onderdelen dus als instelpotentiometer uit te voeren kan men de frequentie op de gewenste waarde instellen.



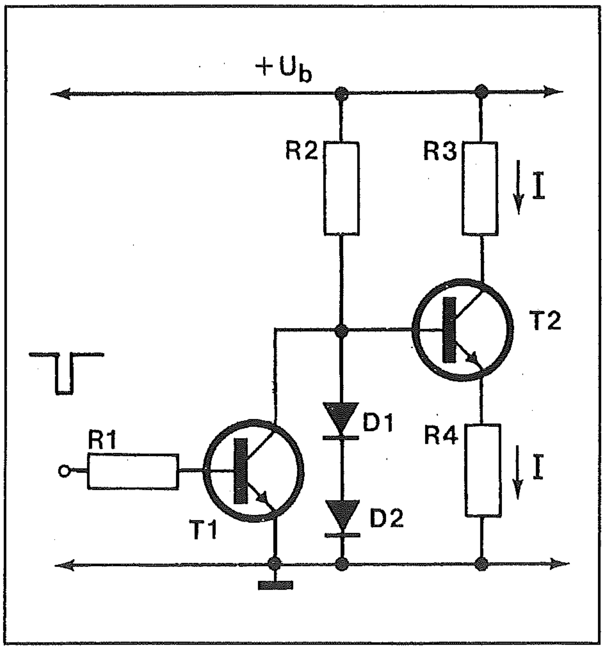
Figuur 4/14.31-5: Het principe van de constante stroombron.

Het principe van de constante stroombron

De voordelen van het gebruik van een constante stroombron zijn uitvoerig aan de orde geweest.
Overigens is het niet zo dat de best mogelijke constante stroombron voor dit doel moet worden gebruikt. Een kleine afwijking van de ingestelde stroom maakt immers niets uit. Vandaar dan ook dat gekozen is voor de simpelste schakeling die bestaat, zie figuur 4/14.31-5.
Een transistor T1 krijgt tussen basis en massa een constante spanning aangeboden, bijvoorbeeld opgewekt over twee in serie geschakelde silicium-dioden. Zoals men weet blijft de spanning over zo'n (geleidende) diode ongeveer gelijk aan 0,7 V. In de emitterleiding van de transistor is een weerstand R3 opgenomen, terwijl tussen de voedingsspanning en de collector een belasting R2 staat, die onderworpen moet worden aan het dieet van de constante stroom. Tussen basis en emitter van een geleidende silicium transistor staat een spanning van 0,7 V. Omdat tussen basis en massa een spanning van 2 * 0,7 V staat, is het logisch dat over weerstand R3 een spanning van 0,7 V te meten valt. Dat heeft weer tot gevolg dat er door die weerstand, en dus ook door de transistor en door de belasting R2, een stroom vloeit waarvan de grootte bepaald wordt door de waarde van R3. Hoe kleiner deze weerstand, hoe meer stroom er doorheen moet om de gemeten spanning van 0,7 V op te wekken.
Conclusie: de stroom door de belasting R2 is afhankelijk van de waarde van de weerstand R3. De transistor zal zijn versterking automatisch zó regelen, dat de spanning over R3 constant blijft. Immers, stel dat om een of andere reden (bijvoorbeeld het dalen van de voedingsspanning) de stroom door R2 zou willen dalen. Deze stroom vloeit ook door R3, de spanningsval over deze weerstand daalt. Maar daar de basis van de transistor ingesteld blijft op 1,4 V moet de spanning tussen basis en emitter stijgen. De som van de spanningen over R3 en de basis/emitter-overgang van de transistor is immers gelijk aan een constante waarde van 1,4 V!

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

Het groter worden van de spanning tussen basis en emitter heeft tot gevolg dat de basisstroom stijgt en dus ook de collectorstroom. Conclusie: de vooropgestelde daling van de stroom door de transistor wordt door de schakeling automatisch gecompenseerd, de stroom blijft constant. Een gelijksoortige redenering voor een vooropgestelde stroomstijging door R2 zal de conclusie opleveren dat ook dit ongewenste verschijnsel door de transistorschakeling wordt gecompenseerd.



Figuur 4/14.31-6: Het principe van de aanstuurbare stroombron.

De aanstuurbare stroombron

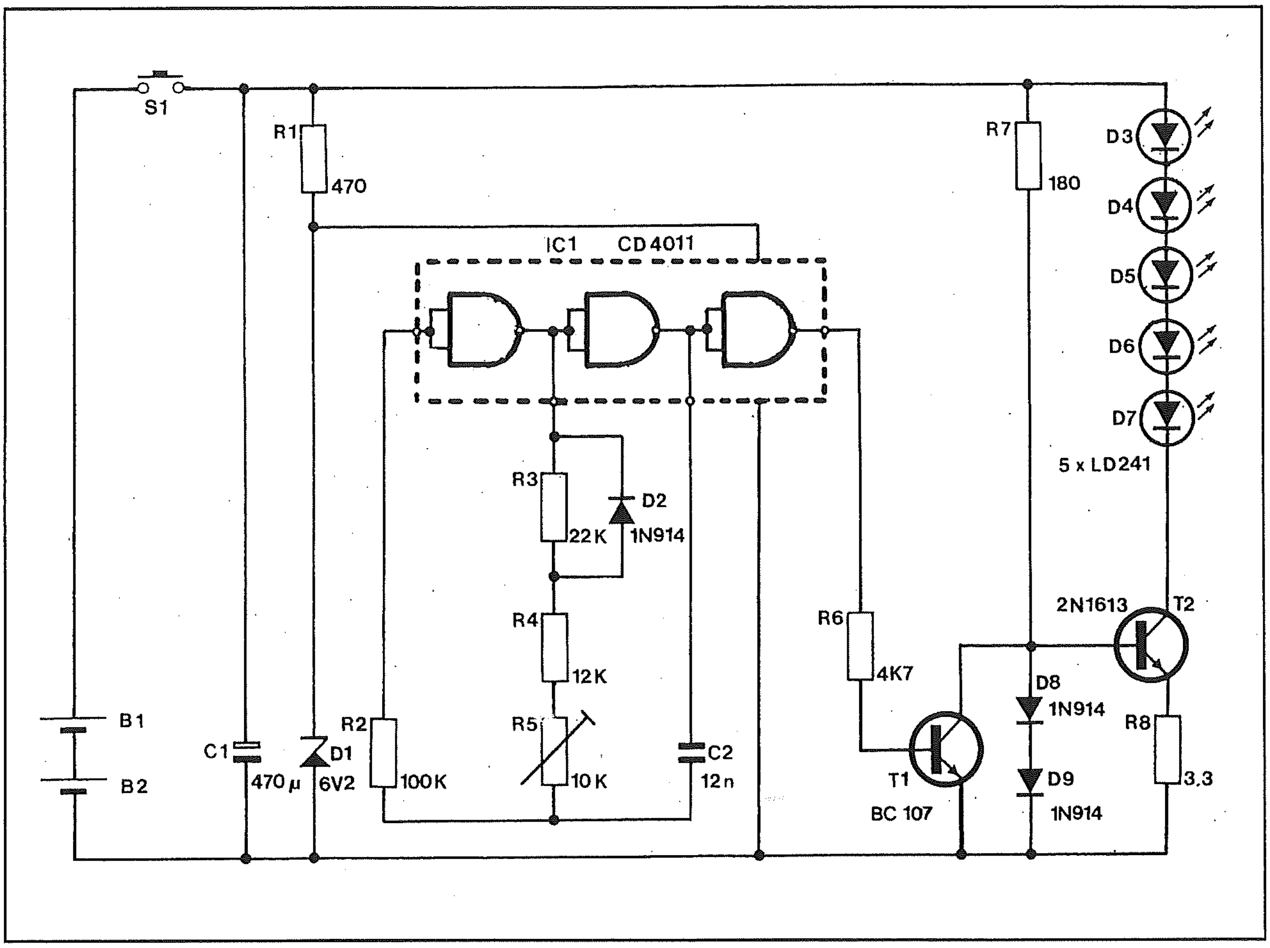
Uit het blokschema blijkt dat het zeker niet de bedoeling is dat de constante stroom continu door de belasting (de IR-LED's) vloeit. Een en ander moet onder controle staan van de oscillator. Als de uitgangsspanning van die schakeling "H" is, dan moet de stroom door de LED's gestuurd worden. Als de blokspanning "L" is, dan mag er geen stroom door de LED's vloeien.

Vandaar dat het schema van de constante stroombron enigszins aangepast moet worden. Figuur 4/14.31-6 geeft het schema. De oplossing is erg eenvoudig. Door middel van een extra transistor T1 wordt de voorspanning van de basis van de stroombron transistor T2 overbrugd. Als deze eerste transistor niet gestuurd wordt, dus geen basissignaal ontvangt, dan is hij gesperd en heeft geen invloed op de werking van de stroombron. Als er wel een basissignaal wordt aangeboden zal de transistor in verzadiging gestuurd worden, waardoor de basis van T2 met massa verbonden wordt. Deze halfgeleider gaat dan sperren, zodat er geen stroom door de belasting van de constante stroombron kan vloeien. Uit dit verhaal volgt dat de transistor T1 aangestuurd moet worden met een signaal dat precies het inverse is van het uitgangssignaal van de oscillator. Dat signaal is immers gedurende een korte periode "H". Op dat moment moet de stroombron ongehinderd haar werk kunnen verrichten. Uit de bespreking van de werking van de aanstuurschakeling volgt echter dat als T1 met een "H"-signaal gestuurd wordt, de stroombron wordt uitgeschakeld. Tussen de uitgang van de oscillator en de basis van T1 uit figuur 4/14.31-6 moet dus een inverter worden geschakeld die het uitgangssignaal van de oscillator inverteert.

Het volledig schema van de IR-zender

Het totale schema van de zender wordt geopenbaard in figuur 4/14.31-7. De verschillende besproken blokken zijn zonder problemen terug te vinden. De voedingsspanning wordt geleverd door twee in serie geschakelde 9 V batterijtjes en is dus gelijk aan ongeveer 18 V. Door middel van de commando-drukknop wordt deze spanning aangeboden aan de schakeling.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-7: Het volledig schema van de zender.

C1 zorgt voor de ontkoppeling van de inwendige weerstand van de batterijtjes. De grote stroom die uit de batterijtjes wordt getrokken veroorzaakt een grote spanningsval over deze inwendige weerstand. Zonder deze elco zou de voedingsspanning dan ook erg variëren op het ritme van de stroompulsen die door de LED's gestuurd worden. De ladingsreserve van de condensator wordt gebruikt voor het verlichten van de taak van de batterijen. Weerstand R1 en zenerdiode D1 voeden de oscillator met een constante spanning van ongeveer 6 V. De oscillatorschakeling is uitgebreid met een instelpotentiometer R5 waarmee de zenderfrequentie op de juiste waarde is in te stellen. De derde poort uit het IC wordt gebruikt als inverter, zodat de basis van T1 op de juiste wijze wordt aangestuurd.
De combinatie T1-T2 vormt de aanstuurbare constante stroombron, die een stroom van ongeveer 200 mA door de vijf in serie geschakelde IR-LED's stuurt.

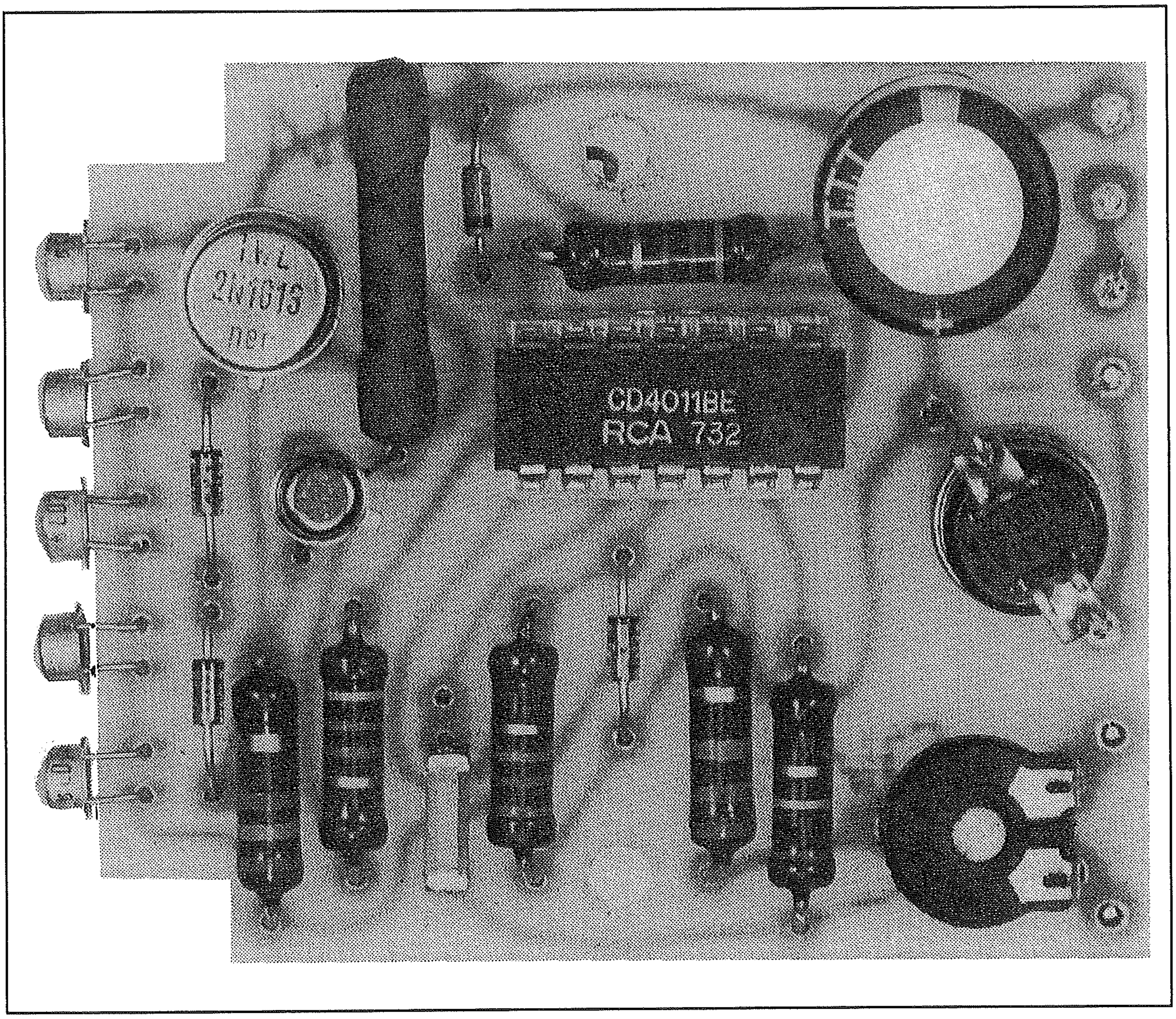
14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

ONDERDELENLIJST ZENDER

Onderdeel	Waarde
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	470 Ω
R2	100 kΩ
R3	22 kΩ
R4	12 kΩ
R6	4,7 kΩ
R7	180 Ω
DRAADGEWONDEN WEERSTAND, 1 W	
R8	3,3 Ω
INSTELPOTENTIOMETER, 10x15 mm, LIGGEND	
R5	10 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	470 µF 16 V printelco
C2	12 nF MKH
HALFGELEIDERS	
D1	6,2 V, 400 mW zenerdiode
D2,D8,D9	1N4148
D3 t/m D7	IR-LED, bijvoorbeeld LD241
T1	BC107
T2	2N1613
IC1	CD4011
DIVERSEN	
S1	drukknop, 1 x MAAK
1	kastje, BIM-2003, Ormatu
2	batterijclip voor 9 V batterij
2	9 V batterij
2	5 mm afstandsbus, 5 mm
2	M3x20 boutje
2	M3 moertje
1	14-pens IC-voetje

De bouw van de zender
Figuur 4/14.31-8, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, geeft het printje voor de zenderschakeling. De bestukking volgt uit figuur 4/14.31-9. Het printje van de zender is ontworpen voor inbouw in een BIM-2003 plastic kastje van Ormatu. Alvorens de soldeerbout warm gestookt wordt moeten eerst met een klein metaalzaagje twee hoeken uit de print worden verwijderd. Dat zijn de verkoperde vlakjes waartussen de LED's later gesoldeerd worden. De foto van figuur 4/14.31-10 geeft voldoende bijzonderheden over de bouw. De vijf IR-LED's worden, keurig op een rijtje, tegen de rand van de print gemonteerd.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-10: Het prototype van de zender.

De 3,3 Ω weerstand is een 1 W draadgewonden uitvoering. De drukknop wordt op koperzijde van de print geschroefd, nadien kunnen twee stukjes afgeknipte weerstandsdraden zorgen voor de verbinding tussen print en schakelaar.

Vergroten van het zendbereik

Wie de maximale reikwijdte uit de zender wil halen doet er verstandig aan de vijf IR-LED's te voorzien van parabolische reflectoren, zie figuur 4/14.31-11. In dit geval moeten de LD241's worden vervangen door in kunststof behuizing aangebrachte IR-LED's.

Laatste werkzaamheden

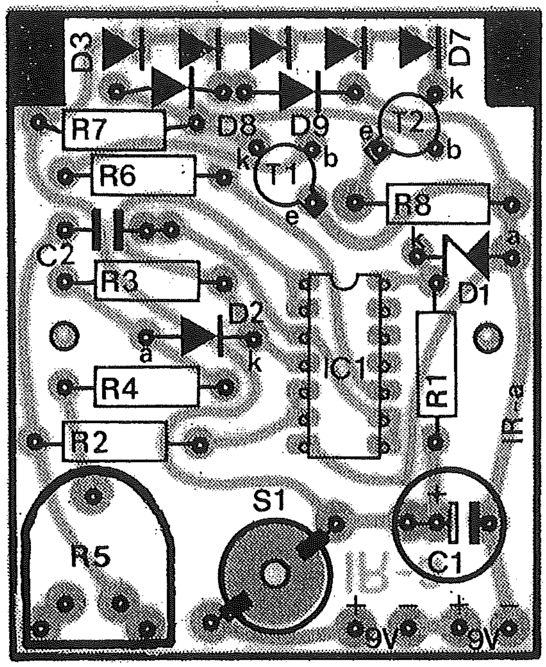
De print is ontworpen voor inbouw in een BIM-2003 kunststof kastje van Ormatu. De print past, samen met twee 9 V batterijtjes namelijk precies in zo'n kastje. Wel is het de bedoeling dat de rand van de print tegen de rand van het kastje wordt gemonteerd, zodat de LED's door in de kastwand

te boren gaatjes de buitenwereld kunnen bekijken. Vandaar dan ook, dat de twee hoekjes van de print verwijderd moesten worden.
In het kastje worden, aan de bovenzijde, drie gaten geboord voor respectievelijk de twee bevestigingsgaatjes van de print en de opening voor de drukknop. De afstand van de smalle rand van de kast tot deze gaatjes is respectievelijk 32 mm en 55 mm. De twee bevestigingsgaatjes staan bovendien 40 mm uit elkaar. In de smalle zijde van de kast komen vervolgens vijf gaatjes voor de LED's. Deze gaatjes horen precies 11 mm van de bovenrand van de kast te zitten. Nadien kan het kastje eventueel geschilderd worden. De print wordt door middel van twee 5 mm lange afstandsbusjes, twee M3x20 boutjes en twee M3 moertjes in het kastje geschroefd. De batterijtjes kunnen door middel van de bekende batterijclip's met de print verbonden worden. Zij passen dan precies in de vrije ruimte van het kastje. Een stukje schuimrubber op de batterijtjes, de deksel vastschroeven en de zender is bedrijfsklaar. Figuur 4/14.31-12 geeft een impressie van de inbouw.

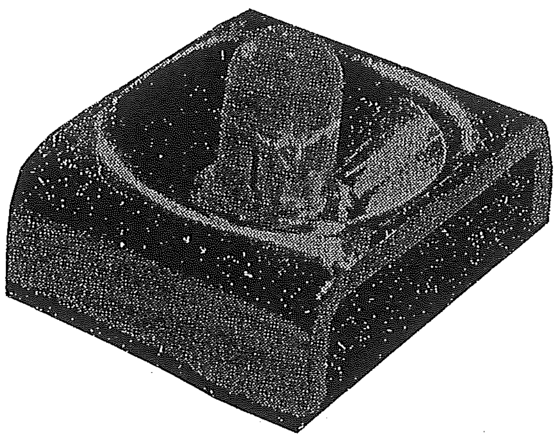
De ontvanger

Inleiding

Zoals uit de inleidende paragraaf volgt, moet de ontvanger van de IR-afstandsbesturing aan een aantal eisen voldoen. De uitgangsspanning van de infrarood gevoelige diode zal, als men afstanden van 10 meter of meer goed wil overbruggen, ontzettend klein zijn, in de grootte-orde van enige tientallen µV. Wil men dergelijke signalen toch nog verwerken, dan moet er flink versterkt worden. Het gebruik van meerdere versterkertrappen is dan noodzakelijk om oscillaties door te grote versterking per trap te vermijden.

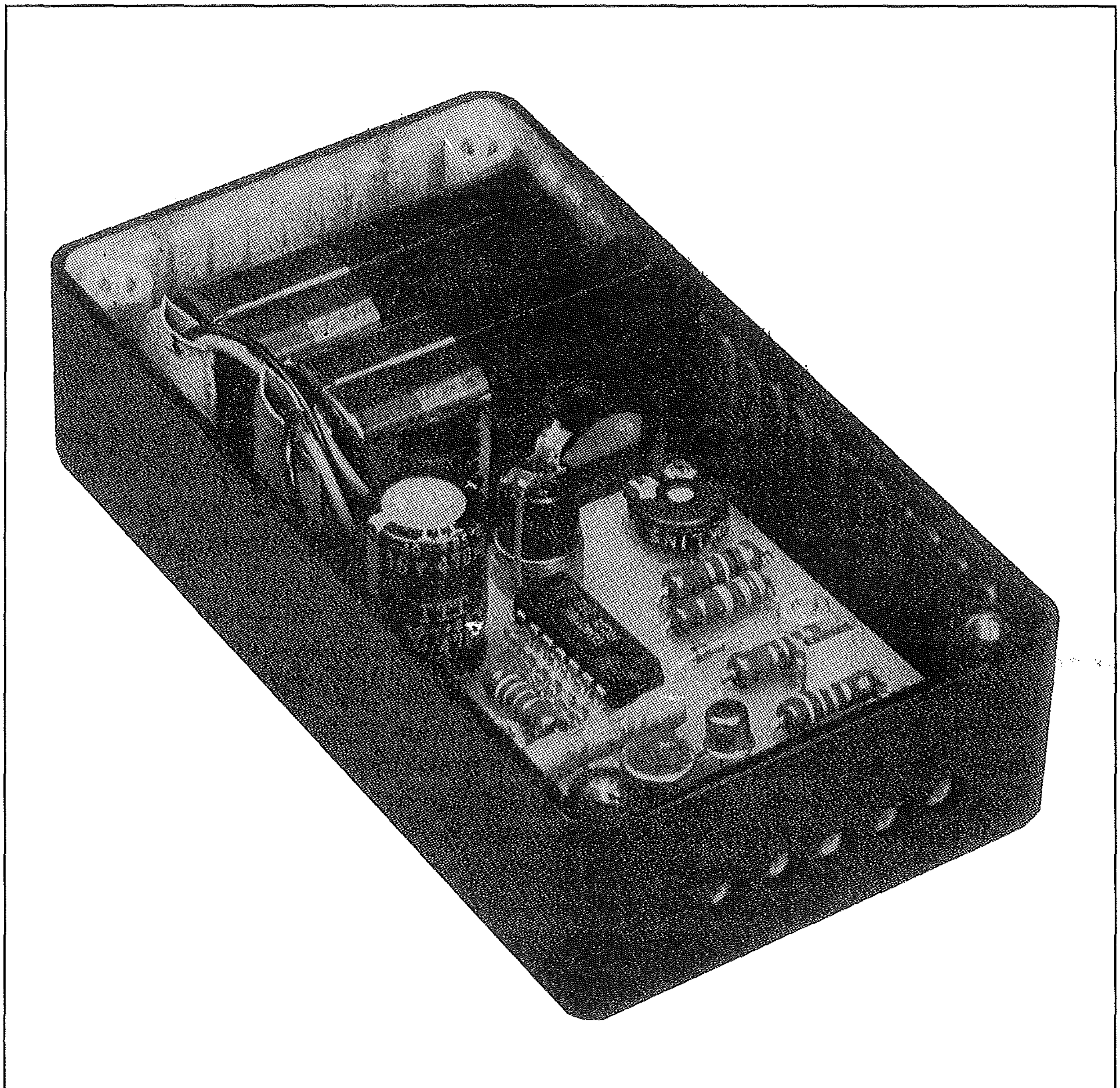


Figuur 4/14.31-9: De componentenopstelling van de zender.



Figuur 4/14.31-11: Parabolische reflectoren rond de IR-LED's vergroten de reikwijdte.

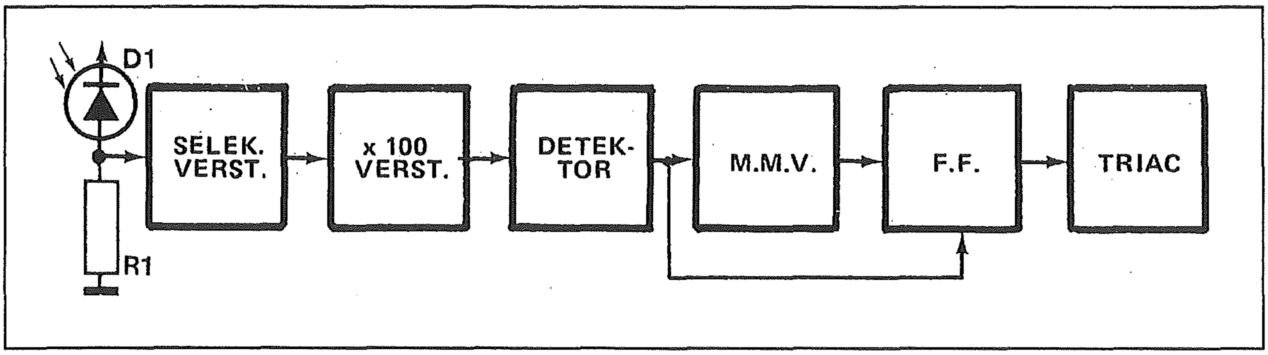
14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-12: De montage van de print in het kastje.

Bovendien is aan te raden selectieve versterkers toe te passen die alleen signalen met de zenderfrequentie versterken. De ruis die over de diode ontstaat wordt dan niet mee versterkt. De grote gevoeligheid van de ingangskring van de ontvanger heeft tot gevolg dat allerlei stoorpulsjes ook tot de schakeling zullen doordringen. Vandaar de noodzaak tot het inbouwen van een goede storingsonderdrukker. Naast een mooi brokje elektronica biedt de IR-ontvanger een zeer bewonderenswaardig uiterlijk, zoals uit de foto van figuur 4/14.31-2 blijkt.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-13: Het blokschema van de ontvanger.

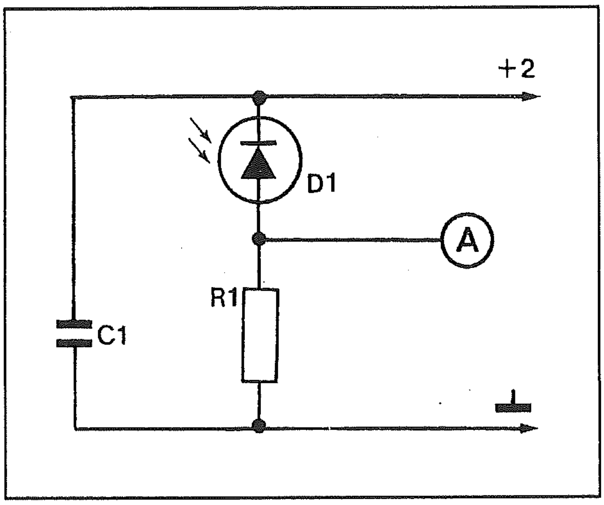
Het blokschema

Figuur 4/14.31-13 geeft, zoals gebruikelijk bij de bespreking van bouwbeschrijvingen, het blokschema van de ontvanger zodat de bespreking van de elektronica op een logische manier kan worden behandeld. De fotodiode wordt in sper aangesloten op de voedingsspanning. Als het onderdeel getroffen wordt door IR-licht, dan gaat de lekstroom toenemen, zodat er over de in serie geschakelde weerstand een spanning ontstaat. De grootte van die spanning is uiteraard afhankelijk van de hoeveelheid straling die op de diode valt. Hoe groter de afstand tussen zender en ontvanger, hoe kleiner de hoeveelheid licht die op het minieme oppervlakje van de diode valt. Het zal dus niet zo moeilijk aan te nemen zijn, dat de lekstroom maar met een zeer kleine waarde stijgt. De spanningsval over R1 zal dus zeer klein zijn, vandaar de noodzaak van twee versterkertrappen, die dat kleine signaaltje oppeppen.

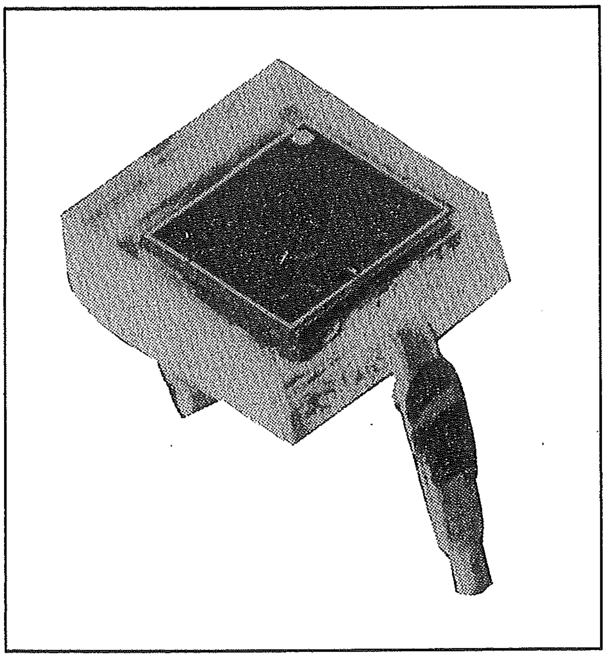
De eerste versterker is selectief, dat wil zeggen dat hij erg kieskeurig is wat betreft de signalen die hij wil versterken. Alleen signalen met de frequentie van het zendersignaal worden maximaal versterkt. Brom, ruis en stoorimpulsen komen dus niet zo erg aan hun trekken. Dat is al een eerste vorm van storingsonderdrukking. Na de selectieve versterker volgt een tweede, lineaire versterkertrap. Dat lineaire duidt erop dat deze trap alle signalen versterkt. Het nu tot een paar V opgepepte signaal, oorspronkelijk afkomstig van R1, kan nu bewerkt worden. Zo wordt het eerst gedetecteerd, wat wil zeggen dat het wisselspanningssignaal wordt omgezet in een gelijkspanningspuls, die net zo lang duurt als de bestraling van de diode met IR-licht. Na de detectie volgt de tweede storingsonderdrukking. Deze is opgebouwd uit de combinatie van een monostabiele multivibrator en een flip-flop. Telkens de diode bestraald wordt, zal de mono-flop een puls met een breedte van één seconde opwekken. Deze puls wordt gebruikt voor het blokkeren van de flipflop. Gedurende deze 1 s is deze laatste schakeling dus niet gevoelig. Als de spanning over de diode langer dan 1 s aanwezig is, zal na afloop van de puls uit de mono-flop de flip-flop getriggerd worden. De schakeling klapt om en stuurt de triac in geleiding als hij gesperd was, of in sper als hij geleidde. Door deze tweede storingsonderdrukking wordt de schakeling dus gevoelloos voor korte stoorpulsjes die via de diode of het net de schakeling penetreren. Alleen als men de drukknop op

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

de zender langer dan 1 s indrukt, zal de ontvanger reageren door het laten omklappen van de ingebouwde flip-flop en dus door het omschakelen van de elektronische schakelaar (de triac).



Figuur 4/14.31-14: Het schema van de diodekring.



Figuur 4/14.31-15: Hart van de ontvanger is de zeer gevoelige IR-detector BPW34.

De diodekring

De diodekring is getekend in figuur 4/14.31-14 en bestaat uit niets anders dan de serieschakeling van de sperrende diode en een weerstand. Normaal is de sperstroom zeer klein, er vloeit een te verwaarlozen stroom door de serieschakeling. Over de weerstand ontstaat een te verwaarlozen spanning. Als de diode getroffen wordt door IR-licht stijgt de sperstroom, de stroom door de kring neemt toe zodat over de weerstand een waarneembare spanning ontstaat. Omdat de zender een signaaltje uitzendt van 1 kHz zal ook over de weerstand een blokgolfje met die frequentie ontstaat.
Als diode wordt de BPW34 toegepast, zie figuur 4/14.31-15, een heel gevoelige detector voor IR-straling.

De selectieve versterker

De eerste versterker is getekend in figuur 4/14.31-16 en is opgebouwd uit een operationele versterker, die door een bepaalde terugkoppeling van uitgang naar ingang alleen signalen met een frequentie van 1 kHz maximaal versterkt. De positieve ingang wordt door middel van de spanningsdeler R1 en R2 ingesteld op de helft van de voedingsspanning. Via scheidingscondensator C1 wordt de 1 kHz wisselspanning die over de weerstand van de schakeling van figuur 4/14.31-14 ontstaat op deze instelspanning gesuperponeerd. Tussen de uitgang van de op-amp en de negatieve ingang zijn twee terugkoppel netwerken geschakeld. In de eerste plaats de instelpotentiometer R6, die de algemene versterking van de schakeling regelt. Met deze potentiometer kan men de gevoeligheid van de ontvanger instellen op de gewenste afstandsbereiken.
De tweede terugkoppeling is opgebouwd uit twee T-vormige netwerkjes. In de eer-

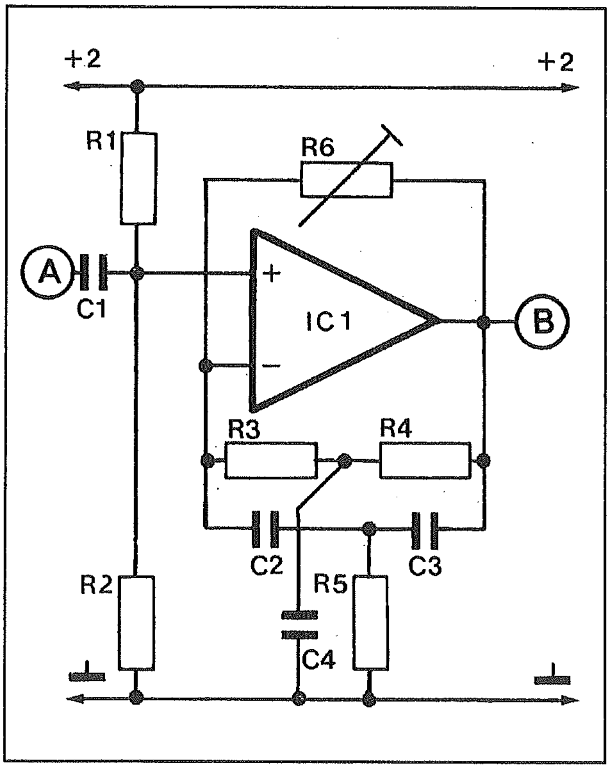
ste plaats de weerstanden R3 en R4 met condensator C4, in de tweede plaats de condensatoren C2 en C3 met weerstand R5. De eigenschap van dit soort dubbel-T netwerk is dat de impedantie van de totale kring voor één frequentie maximaal is. In feite kan men stellen dat het netwerk is opgebouwd uit een RC laagdoorlaat filter en een RC hoogdoorlaat filter. De juiste keuze van de onderdelen brengt met zich mee dat er één frequentie maximaal verzwakt wordt. De operationele versterker heeft als eigenschap dat hij zijn versterking zo zal regelen dat het spanningsverschil tussen beide ingangen gelijk wordt aan nul. Als een stoorpulsje op de positieve ingang wordt aangelegd zal dit nauwelijks verzwakt worden door het selectieve filter in de terugkoppeling. Dat heeft tot gevolg dat de versterking niet groot moet zijn om de spanning op de negatieve ingang gelijk te maken aan de spanning op de positieve ingang. Anders zit dat bij een signaaltje van 1 kHz. Omdat de verzwakking van het selectieve filter dan maximaal is, zal de uitgangsspanning van de versterker erg groot moeten worden om de verzwakking van het filter te compenseren. Alleen met deze hoge versterking kan de spanning op de negatieve ingang gelijk worden aan de spanning op de positieve.

Besluit: door het invoeren van een dubbel-T selectief filter tussen uitgang en inverterende ingang zal de versterker signalen met een frequentie van 1 kHz flink versterken en alle overige signalen veel minder.

Wel is het zo dat door de aanwezigheid van de instelpotentiometer R6 de bandbreedte van het filter vrij groot is. Dat wil zeggen dat ook signalen met frequenties in de buurt van de genoemde 1 kHz nog goed versterkt worden.

De lineaire versterker

De lineaire versterker is getekend in figuur 4/14.31-17. Men kan zich afvragen waarom voor de tweede versterkertrap ook geen selectieve versterker is gebruikt. Welnu, zou men dat doen dan zou de totale versterking van de schakeling erg smalbandig worden. Alleen signalen met precies de frequentie waarvoor de schakeling berekend is zouden worden doorgelaten. Dat zou zeer grote eisen stellen aan de frequentiestabiliteit van de zender. De geringste frequentie-afwijking zou zich dadelijk wreken in een veel kleinere reikwijdte.

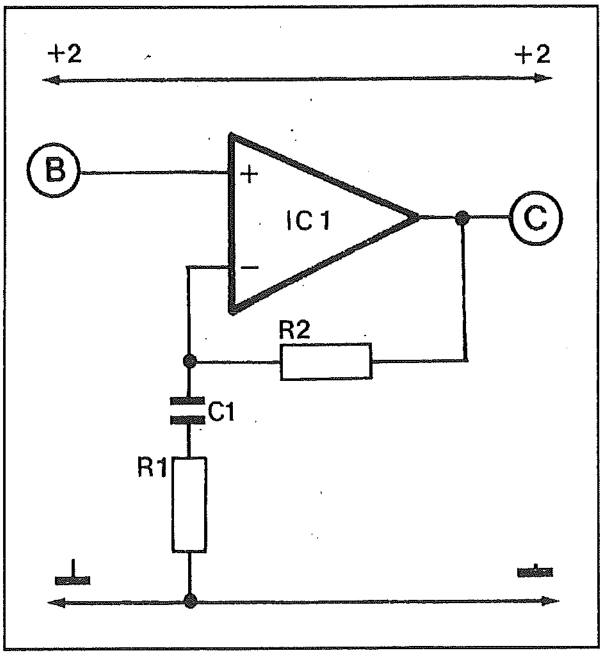


Figuur 4/14.31-16: Het schema van de selectieve versterker.

De versterker is de eenvoud zelve. De positieve ingang wordt rechtstreeks verbonden met de uitgang van de vorige schakeling. Door de instelling van de vorige trap zal de uitgang van de eerste op-amp pre-

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

cies op de helft van de voedingsspanning staan. Deze instelling is dan natuurlijk ook bruikbaar voor de instelling van de tweede trap, zodat twee weerstanden en een scheidingscondensator worden uitgespaard. De terugkoppeling van uitgang naar negatieve ingang legt de versterking van de trap vast op 100 maal. Slechts één honderdste van de uitgangsspanning wordt teruggekoppeld naar de inverterende ingang, door een geschikte keuze van beide weerstanden. De in serie met R1 opgenomen condensator zorgt ervoor dat ook de negatieve ingang op de helft van de voedingsspanning wordt ingesteld. Zonder deze condensator zou ook de instelspanning (de halve voedingsspanning) die gemiddeld op de uitgang van de schakeling staat, gedeeld worden door 100, alvorens zij op de inverterende ingang werd aangelegd. Dat is niet de bedoeling en vandaar de condensator die ervoor zorgt dat de spanningsdeler R1-R2 alleen actief is voor wisselspanningen.

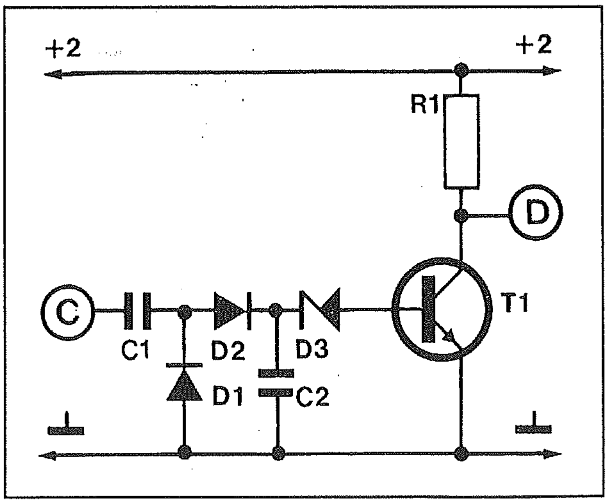


Figuur 4/14.31-17: Het schema van de lineaire versterker.

De detector

De detector moet het wisselspanningssignaal op de uitgang van de lineaire versterker omvormen tot een gelijkspanning. Zolang er geen signaal door de zender wordt uitgezonden, zal de uitgangsspanning van de detector "H" zijn. Op het moment dat men op de drukknop van de zender drukt, moet de uitgangsspanning van de trap "L" worden en zo blijven tot men de knop weer loslaat.

Hoe werkt de schakeling van figuur 4/14.31-18? Vrij eenvoudig. C1, D1, D2 en C2 vormen een zogenaamde top-gelijkrichter. Zij zullen de wisselspanning die uit de lineaire versterker komt omvormen in een gelijkspanning die ongeveer dezelfde grootte heeft als de amplitude van het wisselspanningssignaal.



Figuur 4/14.31-18: Het schema van de detector.

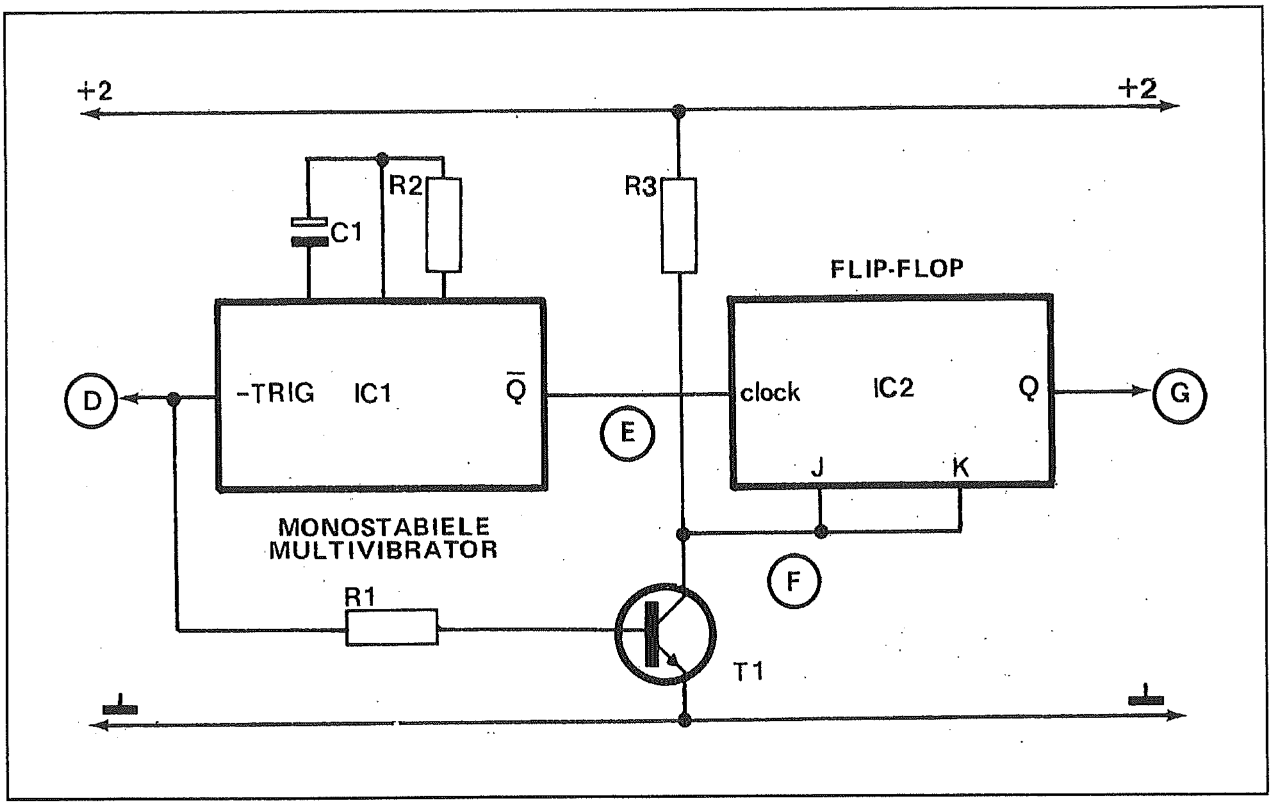
Het signaal op punt C is gesuperponeerd op een gelijkspanning, de instelspanning van de uitgang van de lineaire versterker. Deze mag natuurlijk niet doordringen tot de detector, daar deze gelijkspanning de omvorming van het wisselspanningssignaal tot gelijkspanning in de weg zou staan. Die instelspanning zou men kun-

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

nen verwijderen door tussen de uitgang van de lineaire versterker en de ingang van de detector een gewone scheidingscondensator te plaatsen. Het wisselspanningssignaal, achter de condensator, zou dan symmetrisch liggen ten opzichte van massa, dus voor de helft positief en voor de helft negatief zijn. Dat nu, is niet gewenst. De er op volgende gelijkrichter zou dan alleen het positieve deel of alleen het negatieve deel van die wisselspanning gelijkrichten, waardoor de grootte van die gelijkgerichte spanning de helft zou zijn van de beschikbare signaalspanning. Dat zou zonde zijn, want dan zou voor niks met behulp van twee trappen het minieme signaaltje over de diode opgepept zijn!
Vandaar de diode D1, die ervoor zorgt dat de spanning na de scheidingscondensator C1 niet negatief kan worden. Zou die spanning haar natuurlijke instincten volgen en toch negatief willen worden, dan gaat de diode geleiden. Over de diode D1 ontstaat dus een signaal dat even groot is als het wisselspanningssignaal dat uit de lineaire versterker komt, maar dat volledig positief is. Dit signaal wordt gelijkgericht door diode D2 en afgevlakt door condensator C2.
Over dit laatste onderdeel ontstaat een gelijkspanning, waarvan de grootte afhankelijk is van de grootte van de wisselspanning die uit de versterker komt en dus ook afhankelijk van de hoeveelheid licht die de IR-diode bereikt.
Het zal dus duidelijk zijn dat dit signaal nog niet geschikt is voor verdere verwerking. Na de detector komen een paar digitale schakelingen en die willen aangestuurd worden met spanningen die ofwel "L" ofwel "H" zijn. Vandaar de transistortrap rond T1, die het is amplitude wisselend signaal over C2 omvormt tot de gewenste niveaus. Als er geen licht op de IR-diode valt, dan zal er over C2 geen spanning staan. De transistor zal niet geleiden en de uitgang is gelijk aan de voedingsspanning, dus "H". Valt er voldoende licht op de diode, dan zal het signaal dat over C2 wordt opgebouwd de basis van de transistor van stroom voorzien. Deze gaat geleiden en de collector wordt met massa doorverbonden. De uitgang van de schakeling wordt "L".
De zenerdiode D3 zorgt voor een bepaalde drempel. De spanning over C2 moet groter zijn dan de doorslagspanning van de zener, wil er sprake zijn van het vloeien van stroom in de basis van de transistor. Dat is noodzakelijk omdat, ondanks de selectieve versterking, er toch stoorsignalen kunnen doordringen tot de detector. De praktijk heeft geleerd dat die meestal erg klein zijn.
Zonder de zener zouden die de transistor toch in geleiding sturen en voor fouten kunnen zorgen.

De storingsonderdrukker
De storingsonderdrukker heeft tot taak ervoor te zorgen dat de schakeling niet reageert op korte, sterke stoorpulsen, die toch door de schakeling heen dringen. Dat soort pulsen ontstaan bijvoorbeeld bij het inschakelen van een TL-buis. Deze pulsen zijn groot genoeg om de drempel van de zenerdiode in de detector te overbruggen, zodat ook zij aan de uitgang van die schakeling een korte negatieve puls veroorzaken. De praktijk heeft geleerd dat dit soort storingen voor 99 % bestaan uit zeer korte pulsjes. Als men er nu voor zorgt dat de schakeling alleen reageert op lichtpulsen van ongeveer één seconde, dan is men weer een stapje dichter bij een storingsvrije werking van de afstandsbediening.

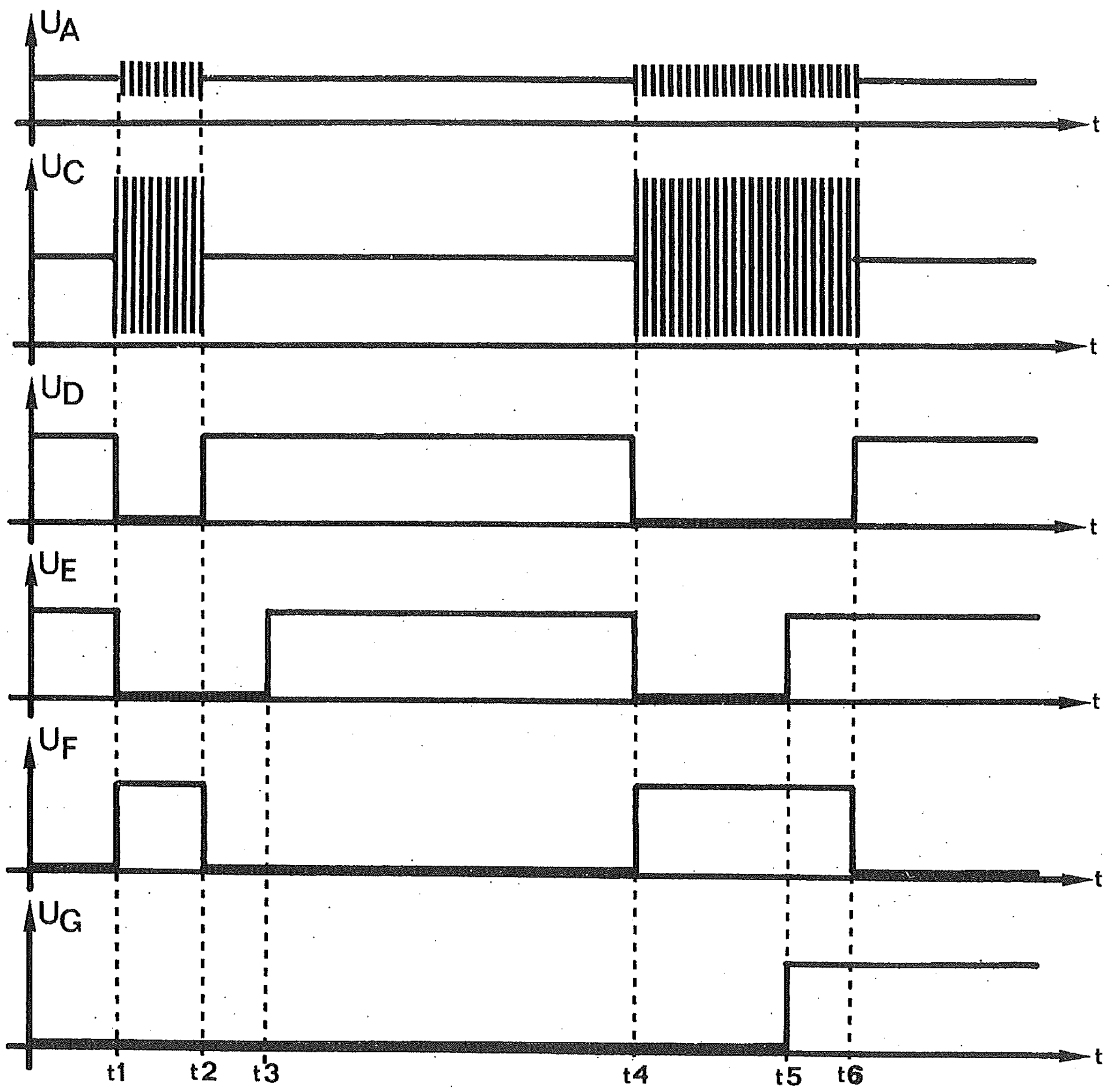
14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-19: Het schema van de storingsonderdrukker.

De schakeling, die getekend is in figuur 4/14.31-19, is opgebouwd uit een monostabiele multivibrator en een flip-flop. Deze laatste schakeling is het geheugenelement van de ontvanger. Hij "onthoudt" het feit dat men de drukknop van de zender bediend heeft en zal de uitgangskring, een triac, al of niet opensturen.
De mono-flop is een schakeling die, als er een puls op de ingang verschijnt, aan de uitgang een puls opwekt waarvan de breedte instelbaar is. De flip-flop is er een van het J-K-ras, hetgeen wil zeggen dat het al dan niet reageren van deze schakeling op een puls wordt gecontroleerd door de logische spanning op de J- en K-ingangen. Als beide ingangen "H" zijn zal de flip-flop reageren op de achterflank van een negatieve puls op zijn clock-ingang, dus op een overgang van "L" naar "H". Als beide ingangen "L" zijn zal de flip-flop niet reageren. Dank zij deze eigenschap zal de schakeling wel reageren op zenderpulsen die langer dan 1 s duren, maar niet reageren op kortere stoorpulsen.
De verklaring van de werking van de schakeling wordt toegelicht in de diagrammen van figuur 4/14.31-20. In rust, dus als er geen zendersignaal wordt ontvangen, moet de flip-flop "uitgeschakeld" worden. Dan moeten de J- en de K-ingangen dus "L" zijn.
Vandaar dat het uitgangssignaal van de detector (D) wordt geïnverteerd door middel van transistor T1 uit figuur 4/14.31-18. Dit signaal is in rust immers "H" en dat is zo onbruikbaar voor het afgrendelen van de flip-flop.
Wat gebeurt er als er een korte stoorpuls door de schakeling wordt verwerkt? Dat geval is links in figuur 4/14.31-20 getekend.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-20: De tijddiagrammen van de schakeling van figuur 4/14.31-19.

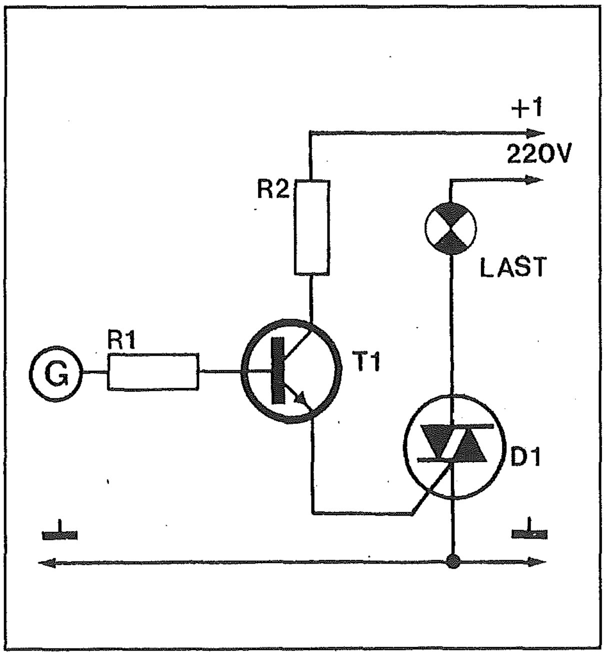
De spanning U_D wordt dan even "L", als gevolg van het ontvangen door de IR-diode van een korte stoorpuls. Dat signaaltje triggert de monostabiele multivibrator, die een uitgangspuls met een tijdsduur van 1 s opwekt. Dat is de spanning U_E. Deze spanning wordt aangeboden aan de clock-ingang van de flip-flop. De flip-flop reageert op de achterflank van deze puls. Voorlopig gebeurt er dus nog niets. Door het optreden van de stoorpuls, zullen de J- en K-ingangen van de flip-flop even "H" worden. Zij worden immers gestuurd door de geïnverteerde uitgang van de de-

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

tector. De flip-flop is nu in staat te reageren op een positieve flank op zijn clockingang. Helaas, daar de stoorpuls korter duurt dan de uitgangsspanning van de monoflop, komt er van omslaan niets in huis. Op het moment dat de uitgangspuls van de monoflop van "L" naar "H" gaat, zijn de J- en K-ingangen immers al lang weer "L".

De flip-flop is niet bereid in te gaan op de voorstellen van de uitgangspuls van de monoflop. De flip-flop blijft in de stand waarin hij verkeerde.

Anders wordt het als er een zenderpuls door de IR-diode wordt gedetecteerd. Deze zenderpuls is langer dan een seconde, zodoende zal op het moment dat de puls van de monoflop er de brui aan geeft, de flip-flop gevoelig zijn voor die plotselinge positieve spanningssprong op zijn clock. De J- en K-ingangen zijn nu immers nog "H". Het gevolg is dat de schakeling omklapt, dus reageert op het commando van de verre zender.



Figuur 4/14.31-21: Het schema van de eindtrap.

De eindtrap

De schakeling moet in staat zijn een bepaalde belasting al dan niet met het 230 V net te verbinden. Vandaar dat het logisch is een beroep te doen op een elektronische schakelaar onder de vorm van een triac. De schakeling is getekend in figuur 4/14.31-21. De triac is, in serie met de belasting, verbonden met de netspanning. Een kant van de netspanning moet dus aan de massa van de schakeling liggen! De uitgangsspanning van de CMOS flip-flop kan te weinig vermogen leveren voor het aansturen van de triac. Vandaar de tussentrap T1, die op het moment dat hij sturing ontvangt van de flip-flop open gaat en een flinke stroom in de gate van de triac stuurt.

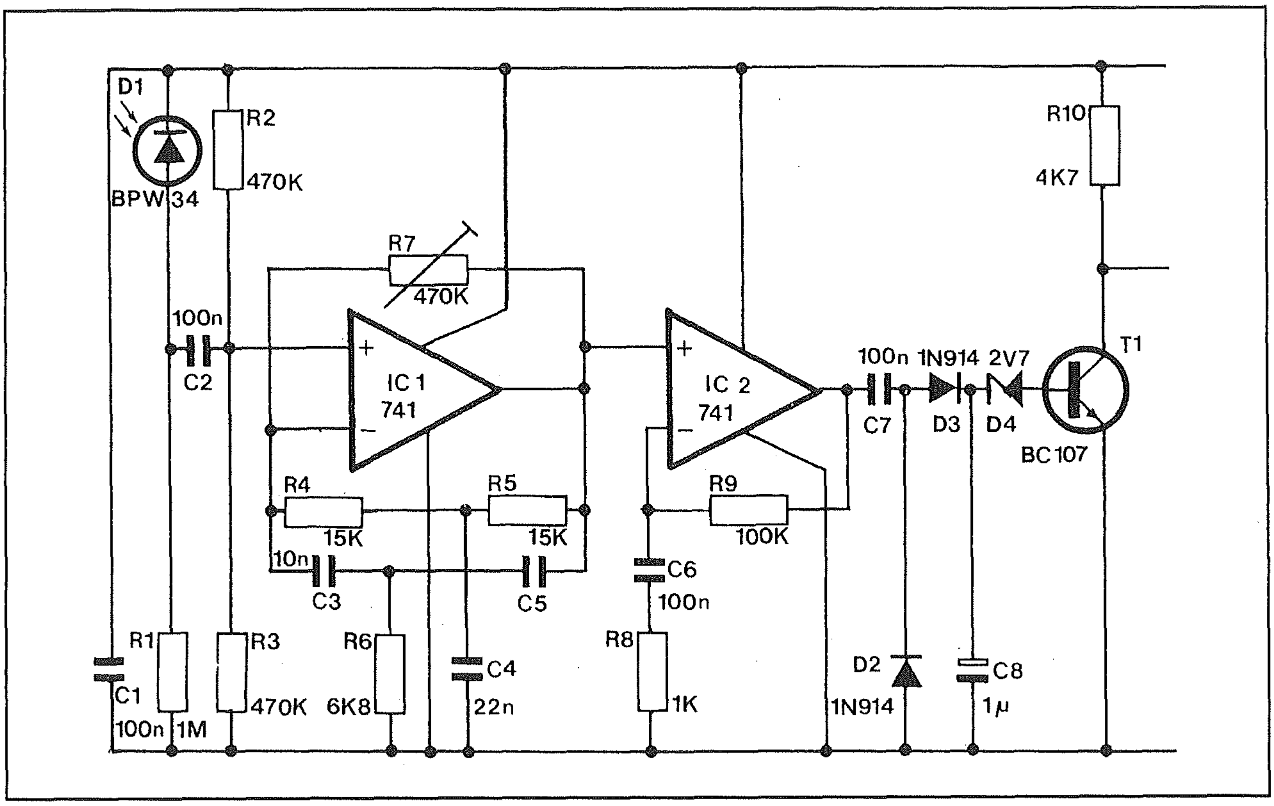
Het volledig schema van de ontvanger

Het volledig schema in de figuren 4/14.31-22, -23 en 24 geeft een duidelijk beeld van de trap-na-trap opbouw van de schakeling. Dit totale schema zal weinig nieuwe punten aan het licht brengen. De monostabiele multivibrator IC3 heeft een heleboel aansluitingen, die bij deze schakeling ofwel met massa "L", ofwel met de voedingsspanning "H" verbonden zijn. Dit IC, de CD4047, heeft heel wat meer in zijn mars dan in deze schakeling vereist wordt. Vandaar dat een heleboel in- en uitgangen niet gebruikt worden. De flipflop heeft, behalve de besproken aansluitingen, ook een set- en een reset-ingang. Met deze ingangen kan men de schakeling in een bepaalde stand blokkeren. Daar dit hier niet de bedoeling is, worden deze ingangen met massa verbonden.

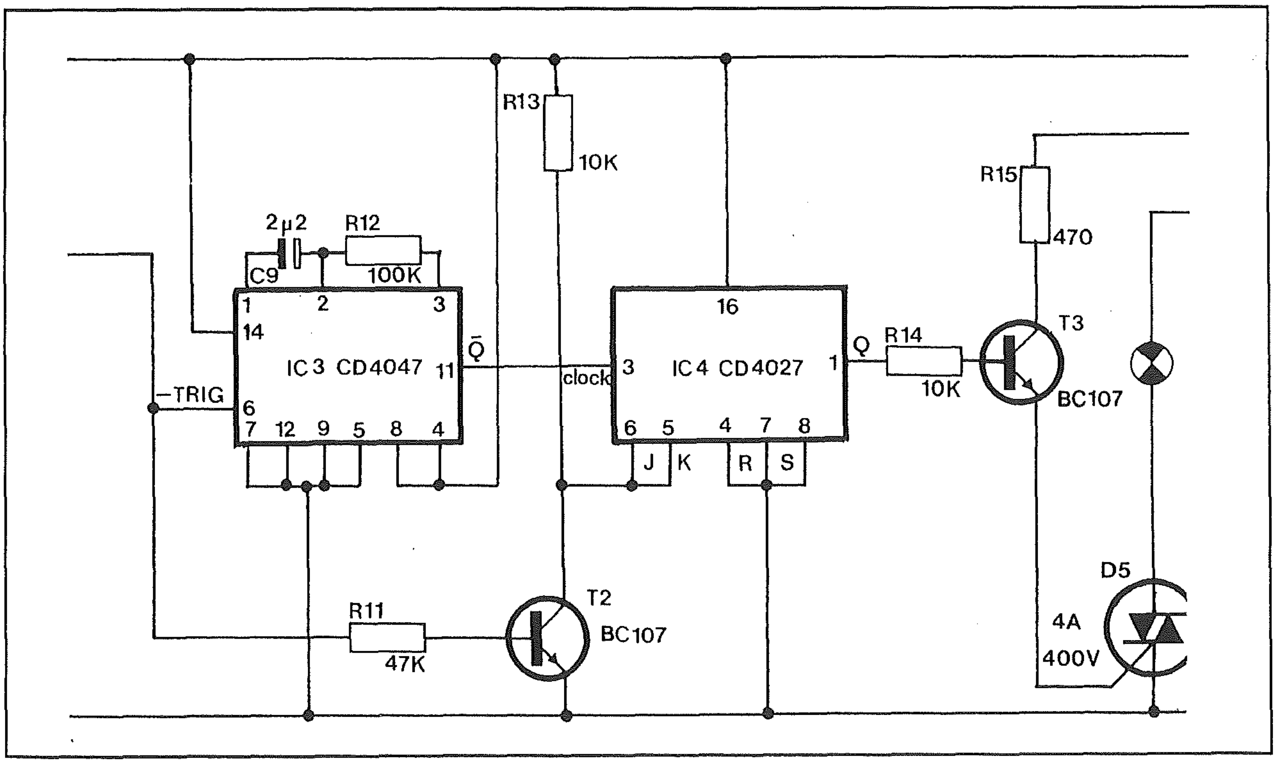
De voeding is nieuw, maar vrij klassiek van compositie.

De netspanning voedt niet alleen de primaire van de trafo, maar ook de serieschakeling van belasting en triac.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

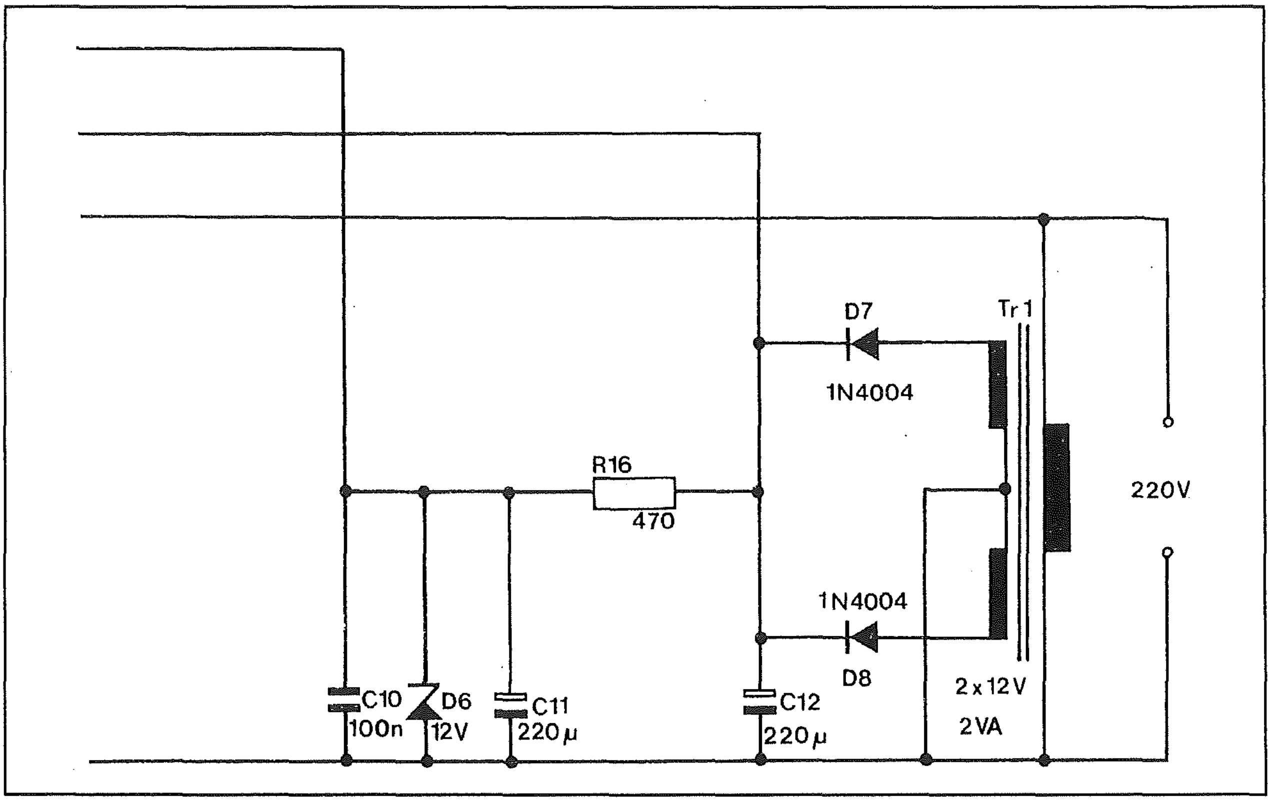


Figuur 4/14.31-22: Volledig schema van de ontvanger, deel 1.



Figuur 4/14.31-23: Volledig schema van de ontvanger, deel 2.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-24: Volledig schema van de ontvanger, deel 3.

De 2 x 12 V van de trafo worden gelijkgericht met twee dioden en nadien afgevlakt. Deze voedingsspanning nummer 1 wordt alleen gebruikt voor het voeden van de stuurtransistor van de triac.
De voedingsspanning voor de rest van de schakeling wordt extra afgevlakt door condensator C11 en gestabiliseerd met de zenerdiode D6.

Levensbelangrijke opmerking
Zoals reeds geschreven bij de bespreking van de triac-kring is het absoluut noodzakelijk dat één pool van de netspanning met de massa van de schakeling verbonden is. Was dat niet het geval, dan kon er geen stroom lopen van de flip-flop naar de gate van de triac. Een en ander heeft tot gevolg dat **DE VOLLEDIGE SCHAKELING RECHTSTREEKS MET DE NETSPANNING IS VERBONDEN!** Het is dan ook absoluut verboden in de schakeling te solderen of te meten zonder gebruik te maken van een (levensreddende) 1-op-1 scheidingstrafo tussen het net en de schakeling.

De bouw van de ontvanger
De print van figuur 4/14.31-25, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, is opgebouwd uit twee delen die uit elkaar gezaagd moeten worden. Bovendien moeten de zes koperen hoekjes verwijderd worden. Deze maatregelen zijn noodzakelijk als men de schakeling op dezelfde manier wil opbouwen als het prototype.
In het kort komt deze bouwwijze er op neer dat de ontvanger is ingebouwd in een klein kastje dat rechtstreeks in een stopcontact geplugd kan worden.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

ONDERDELENLIJST ONTVANGER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	1 MΩ
R2,R3	470 kΩ
R4,R5	15 kΩ
R6	6,8 kΩ
R8	1 kΩ
R9,R12	100 kΩ
R10	4,7 kΩ
R11	47 kΩ
R13,R14	10 kΩ
R15,R16	470 Ω

INSTELPOTENTIOMETER, 10x15 mm, LIGGEND

R7	470 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C2,C6,C7,C10	100 nF	MKH
C3,C5	10 nF	MKH
C4	22 nF	MKH
C8	1 µF	16 V printelco
C9	2,2 µF	16 V printelco
C11,C12	220 µF	25 V printelco

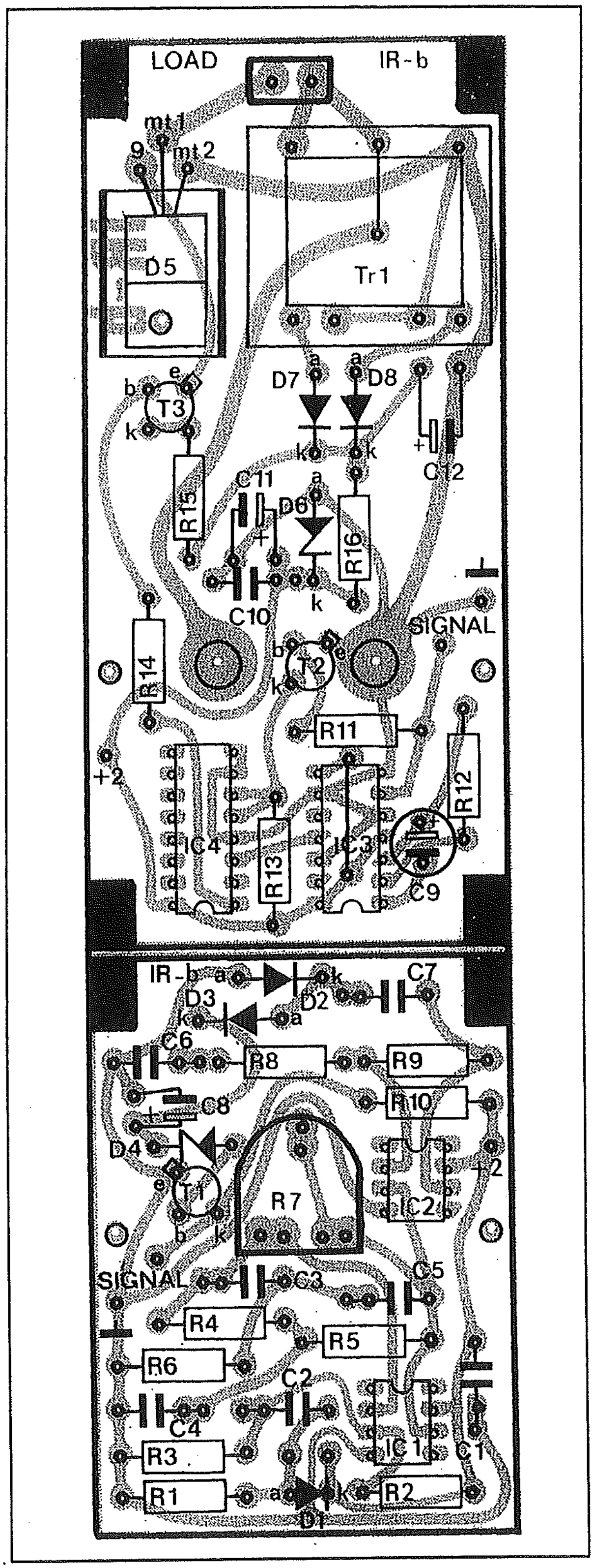
HALFGELEIDERS

D1	BPW34 IR-diode
D2,D3	1N4148
D4	2,7 V, 400 mW zenerdiode
D5	triac, 4 A, 400 V
D6	12 V, 400 mW zenerdiode
D7,D8	1N4004
T1,T2,T3	BC107
IC1,IC2	741 mini-DIL
IC3	CD4047
IC4	CD4027

DIVERSEN

Tr1	2 x 12 V, 2 VA printtrafo
1	kastje BIM-2003
1	kastje KG-6-ST
1	koelplaatje voor TO220
1	printkroonsteentje, tweepolig
2	IC-voetje, 8 pennen
1	IC-voetje, 14 pennen
1	IC-voetje, 16 pennen
2	afstandbusje, 15 mm
1	M3x10 boutje
2	M3x20 boutje
3	M3 moertje

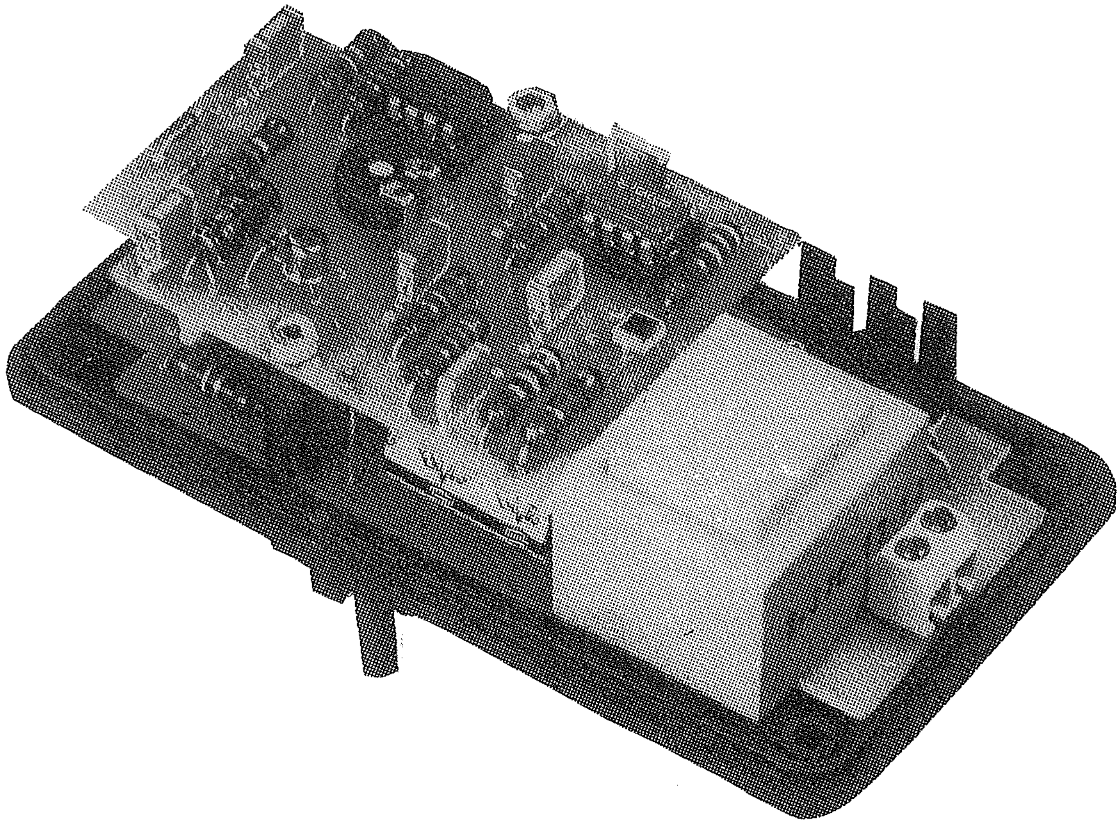
14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-26: Componentenopstelling van de ontvanger.

De afmetingen van het gebruikte kastje maakten het noodzakelijk dat een "gestapelde" bouwwijze wordt toegepast. Dus twee deelprinten boven elkaar monteren en door middel van een paar draadjes doorverbinden. De foto maakt wel duidelijk wat de bedoeling is. De bestukking van de twee printdelen volgt uit figuur 4/14.31-26.
Het kleinste printje bevat de fotodiode, de twee versterkers en de detector. De bouw van dit deel van de schakeling is probleemloos. Wel moet de elco C8 plat op de print gemonteerd worden, omdat er weinig plaats in het kastje is. Zoals uit de componentenopstelling blijkt is er boven de fotodiode een stel gaatjes, dat uitstekend geschikt lijkt voor het onderbrengen van een tweede diode. Dat is met opzet gedaan. Nabouwers die het onderste uit de kan willen kunnen daar een tweede BPW34 solderen en kijken hoe de reikwijdte daardoor beïnvloed wordt.
De grootste deelprint vergt meer tijd. Denk in de eerste plaats aan de twee draadbruggetjes, eentje onder de voedingstrafo, eentje onder een IC-voetje. Nadien kunnen de twee IC-voetjes op de print gesoldeerd worden. Het kleine grut, zoals weerstanden, dioden, transistoren en MKH-condensatoren ontmoet geen problemen bij de verhuizing naar de print. De kleine elco C9 kan rechtop op de print, zijn soortgenoten C11 en C12 moeten liggend op de print gemonteerd worden. De triac in TO220 behuizing moet voorzien worden van een klein koelplaatje. Een normaal TO220 koelblikje is te groot, dus moet de zaag alweer tevoorschijn gehaald worden voor het verwijderen van een stuk aluminium. Een printkroonsteentje, tenslotte, zorgt voor het gemakkelijk aansluiten van de belasting op de print.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-27: De montage van de ontvanger.

Laatste werkzaamheden

De kast is samengesteld uit twee in de handel verkrijgbare behuizingen, namelijk een BIM-2003 kastje van Ormatu en een KG-6-ST kastje van Amtron. Dat laatste is een netsteker-kastje, wat voorbestemd is om rechtstreeks in een stopcontact gestoken te worden. Dat ene kastje wordt het eerst onder handen genomen. De opstaande rand van het stekerdeel wordt verwijderd. Nadien worden de twee stekers uit het kastje gehaald. Op de binnenkant van de deksel van het BIM-kastje komt de grootste deelprint. Deze past daar precies in. Met een potlood wordt de plaats van de twee grote gaten afgetekend die zich ongeveer in het midden van de print bevinden. Deze gaten worden in de deksel geboord en zijn bedoeld voor het doorlaten van de twee stekers van het Amtron kastje. Is dat voor elkaar, dan wordt het voorbewerkte stekerdeel van het Amtron kastje op de deksel van het tweede kastje bevestigd. Nu kan de grootste deelprint bevestigd worden. Eerst moet men in de drie vrijgebleven gaatjes, gemerkt met massa, signal en +2, stevige draadjes van een paar cm lengte solderen. Deze dienen voor de elektrische verbindingen tussen beide printen. De stekers worden door de bodem van de kast gestoken en vastgeschroefd met twee moeren. Nadien wordt de grootste deelprint op de bodem van de kast gelegd, maar niet voordat men

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

in de twee 3 mm gaatjes twee 20 mm lange M3 boutjes heeft gestoken. Nadien schroeft men de print vast in de kast door het bevestigen van de twee laatste moeren op de uitstekende stompjes van de stekers. Nu kan het kleinere printje gemonteerd worden. Over de M3 boutjes schuift men twee afstandsbussen van 15 mm en nadien de kleine print. Met twee moertjes bevestigd men de printen op elkaar. De foto van figuur 4/14.31-27 laat het resultaat zien. Natuurlijk heeft men er voor gezorgd dat de drie draadjes door de gaatjes van de kleine print steken! Deze drie draadjes worden nu op de koperen eilandjes gesoldeerd waarna de ontvanger klaar voor gebruik is. De kast BIM-2003 wordt nu nog voorzien van twee gaatjes (eentje voor de IR-diode en eentje voor de instelpotentiometer) en van een gleufje aan de onderkant voor het doorlaten van de draad van de belasting.

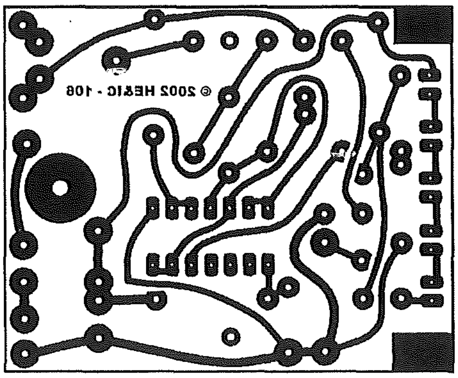
Het afregelen van het systeem

Toch nog eens een waarschuwing
Allereerst toch nog eens de reeds eerder geschreven belangrijke opmerking. De ontvanger is rechtstreeks met het net verbonden, ondanks de aanwezigheid van een trafo, en het is dus levensgevaarlijk met de vingers in de schakeling te prutsen.

Het afregelen
Nadat men een lamp als belasting op de ontvanger heeft aangesloten en een op gelijkspanning geschakelde universeelmeter tussen de "massa" en de "signal" heeft aangesloten (de signal is de positieve klem), kan de ontvanger via de scheidingstrafo op de 230 V van het net worden aangesloten. In rust moet de meter nu een spanning van ongeveer 12 V aanduiden. Is dat niet het geval, dan moet de instelpotentiometer op de ontvangerprint met een **geïsoleerde schroevendraaier** bijgeregeld worden. Nu wordt de zender te voorschijn gehaald. Wel een opmerking. Het is niet de bedoeling dat de drukknop van de zender te lang ingedrukt blijft. De eindtransistor, die niet van een koelplaatje is voorzien omdat hij de normale stroomstoot van 200 mA die slechts ongeveer 1 s duurt best kan verwerken, kan dan te warm worden. Men moet dus de afregeling voor elkaar zien te krijgen door het geven van korte (maximaal 10 seconde) zendersignaaltjes. Als men de zender op de ontvanger richt en men drukt op de knop, dan moet de universeelmeter naar nul gaan. Is dat niet het geval dan moet de frequentie van de zender bijgeregeld worden. Het kan gebeuren (het zal waarschijnlijk ook gebeuren) dat als de zender en de ontvanger dicht bij elkaar gehouden worden, de spanning op de afregelpunten altijd naar nul gaat, hoe men de trimmer van de zender ook instelt. Dat komt door het grote signaal dat op de IR-diode invalt. De afregelprocedure is dan ook als volgt. Men houdt de zender een meter van de ontvanger en regelt de instelpotentiometer van de zender zo bij, dat de spanning op het afregelpunt naar nul gaat. Nadien vergroot men de afstand tussen zender en ontvanger en regelt de trimmer bij tot de spanning wederom nul wordt. Zo gaat men steeds verder weg van de ontvanger en regelt de trimmer steeds zo bij dat de ontvanger reageert door het nul maken van de "signal"-spanning.
Bij een goede afregeling kan men zonder problemen een afstand van 20 m overbruggen.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-8: De eerste print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

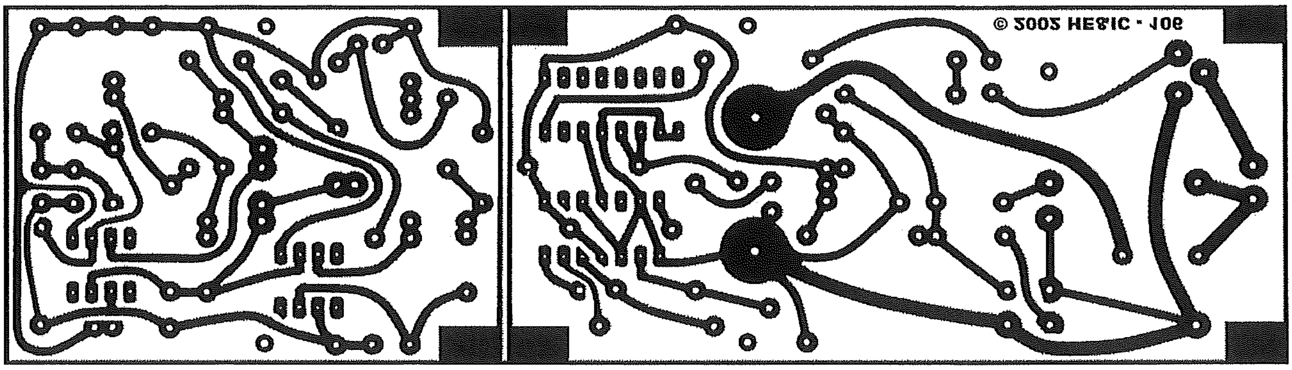
U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik



Figuur 4/14.31-25: De tweede print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

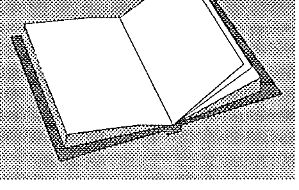
14.31 IR-afstandsbediening met groot bereik

4/14.33

Timer voor WC-ventilator

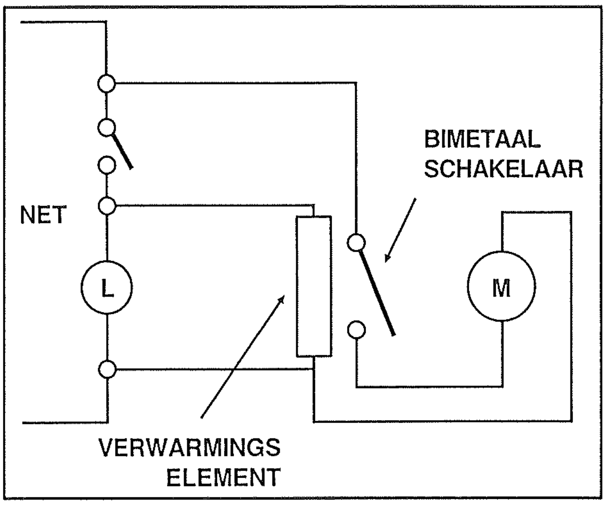
Inleiding
Op al die plaatsen waar geen rechtstreekse ventilatie via een raam mogelijk is, zal men een beroep moeten doen op geforceerde luchtcirculatie met behulp van elektrische ventilatoren. De meest voor de hand liggende plaatsen zijn de badkamer en de WC. In de handel zijn hiervoor twee soorten ventilatoren verkrijgbaar. De eerste, goedkoopste, soort werkt zonder besturing. Deze typen moeten met de hand in- en uitgeschakeld worden. In de meeste gevallen zal men deze ventilatoren parallel schakelen aan de ruimteverlichting, omdat men er van uit gaat dat ventilatie alleen noodzakelijk is als er iemand in de ruimte aanwezig is en dus het licht brandt. Toch is deze oplossing niet geschikt voor bijvoorbeeld een WC. Hierbij is het van belang dat de ventilator ook na het uitschakelen van het licht een tijdje blijft werken. Bovendien is het niet noodzakelijk dat de ventilatie onmiddellijk bij het betreden van de ruimte in werking treedt. Het tweede soort commercieel verkrijgbare ventilatoren houdt rekening met deze eisen en is voorzien van een eenvoudige "besturing". In de meeste gevallen bestaat deze "besturing" uit een bimetaal schakelaar, die in serie met de motor van de ventilator is opgenomen. Het schema is getekend in figuur 4/14.33-1. Zo'n bimetaal schakelaar bestaat uit twee even grote strippen metaal, die tegen elkaar gelast zijn. Beide metalen hebben echter verschillende uitzettingscoëfficiënten. Als de metalen strip warm wordt, zal het ene metaal meer uitzetten dan het andere, met als logisch gevolg dat de strip krom trekt. Hierdoor wordt een schakelaar gesloten die in serie staat met de motor M. Op de strip bimetaal is een spoeltje gewikkeld van weerstandsdraad. Dit spoeltje staat parallel aan de lamp L. Als men het licht in de ruimte inschakelt wordt het spoeltje met het net verbonden. De strip bimetaal is nog koud en het contact onderbroken. Het spoeltje weerstandsdraad gaat nu langzaam opwarmen, waardoor de strip bimetaal krom trekt. Na een minuutje is deze strip zo heet dat het contact gesloten wordt en de motor gaat draaien. Bij het uitschakelen van de lamp valt de verwarming van het bimetaal uit. Het duurt natuurlijk nog een tijdje alvorens de strip zover is afgekoeld dat het seriecontact weer onderbroken wordt. De motor

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.2
Hoofdstuk 3/8.10.4
Hoofdstuk 6/6.20



14.33 Timer voor WC-ventilator

van de ventilator blijft dus nog een tijdje draaien.



Figuur 4/14.33-1: Het schema van de klassieke "zelfdenkende" WC-ventilator.

Dergelijke ventilatoren zijn vrij prijzig en hebben als nadeel dat de in- en uitschakelvertragingen niet in te stellen zijn. Het zal duidelijk zijn dat het vrij eenvoudig is een elektronisch equivalent te verzinnen, dat de besturing overneemt en waarop men een goedkope normale ventilator kan aansluiten.

De karakteristieken van de elektronische regeling

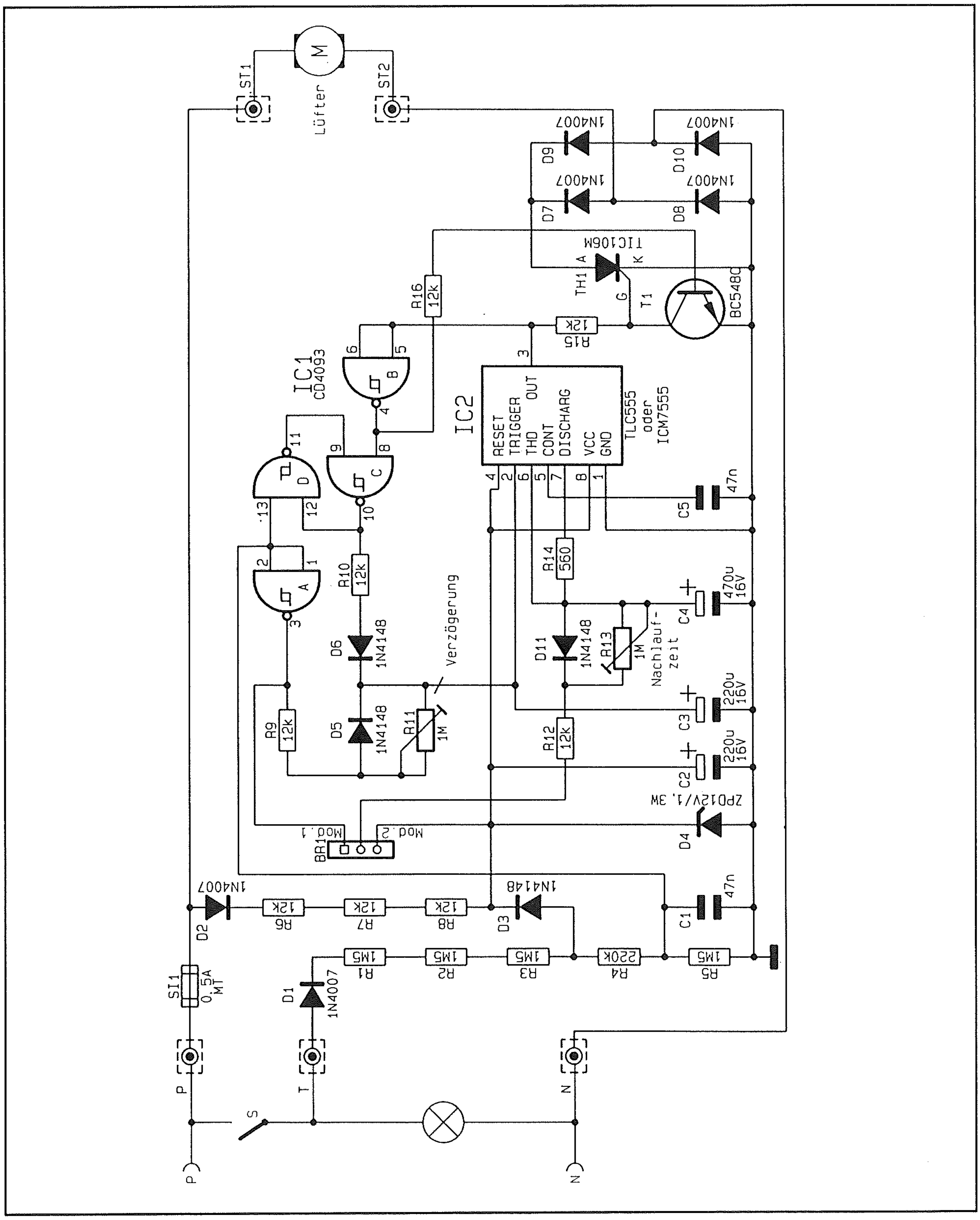
De in dit hoofdstuk beschreven elektronische timer heeft de volgende karakteristieken:

- inschakelvertraging:
  met een instelpotentiometer in te stellen tussen 4 seconden en 4 minuten.
- uitschakelvertraging:
  instelbaar tussen 10 seconden en 10 minuten.
- modi:
  in modus 1 werkt de schakeling als de beschreven bimetaal ventilatoren, ideaal voor gebruik in de WC en de badkamer;
  in modus 2 werkt de schakeling identiek, maar de ventilator zal ook uitschakelen als men per ongeluk vergeet het licht uit te schakelen.

Het schema van de timer

Het volledig schema van de elektronische timer is getekend in figuur 4/14.33-2. De schakeling is uitgevoerd in stroombesparende CMOS-technologie. Het gevolg is dat rechtstreekse netvoeding mogelijk is, waardoor een dure trafo bespaard wordt. De netspanning, aangesloten tussen de punten P en N, wordt door de diode D2 enkelvoudig gelijkgericht. De drie weerstanden R6, R7 en R8 vormen samen met de zenerdiode D4 een stabilisatieschakeling, die een gelijkspanning van 12 V genereert. Deze wordt afgevlakt door de elco C2.
Deze spanning wordt gebruikt als voedingsspanning voor de volledige schakeling. Het voornaamste onderdeel van de schakeling is de timer IC2. Hiervoor wordt de bekende 555 gebruikt, maar wel in de low-power uitvoering met als typenummer TLC555 of ICM7555. De normale 555 is hier niet bruikbaar, omdat deze te veel voedingsstroom trekt. Als men de verlichting in de ruimte inschakelt, komt de netspanning ook op klem T te staan. Deze spanning wordt met de diode D1 gelijkgericht en via de weerstanden R1 tot en met R5 gereduceerd tot een veilige waarde. De diode D3 zorgt ervoor dat de spanning op het knooppunt van de weerstanden R3 en R4 nooit positiever kan worden dan de voedingsspanning van +12 V.
Als dit het geval is gaat deze diode namelijk geleiden. De extra stroom die dan door de weerstanden vloeit zorgt voor een extra spanningsval, waardoor het te veel aan spanning door de weerstanden wordt gedissipeerd.

14.33 Timer voor WC-ventilator



Figuur 4/14.33-2: Het volledig schema van de schakeling.

14.33 Timer voor WC-ventilator

Het gevolg is dat de condensator C1 oplaadt tot een stuurspanning van ongeveer +12 V. Deze stuurspanning wordt aangeboden aan de ingang van de poort IC1A en aan één ingang van de flip-flop IC1D+C. De uitgang van poort A gaat naar "L", evenals de uitgang van de flip-flop op pen 10.
Hierdoor kan de condensator C3, die tot de voedingsspanning was opgeladen, gaan ontladen via de weerstand R11.
Deze condensator is verbonden met de trigger-ingang (pen 2) van de 555. Op het moment dat de spanning over de condensator gedaald is tot het trigger-niveau van de timer, zal deze geactiveerd worden. De uitgang (pen 3) schakelt van "L" naar "H".
Deze actie heeft verschillende gevolgen:
- Het hoge uitgangssignaal van de 555 triggert via de poort IC1B de flip-flop. Deze schakelt om, waardoor de condensator C3 via de weerstand R10 en de diode D6 weer snel opgeladen wordt.
- Het lage uitgangssignaal op de uitgang van poort IC1B (pen 4) stuurt transistor T1 in sper. De gate van de thyristor TH1 wordt vrijgegeven, zodat dit onderdeel kan geleiden.
- De gate van de thyristor TH1 wordt gestuurd, zodat dit onderdeel gaat geleiden. De motor M van de ventilator wordt nu via de diodebrug D7 tot en met D10 met de netspanning verbonden. De motor gaat draaien.

De twee modi

Voor het instellen van de twee modi is op de print een contactbruggetje BR1 aanwezig. Door middel van een jumper kan men modus 1 (bovenste stand) of modus 2 (onderste stand) instellen. Beide standen beïnvloeden de manier waarop de condensator C4 wordt opgeladen. Deze condensator bepaalt, samen met de instelpotentiometer R13, de uitschakelvertraging van de schakeling. De condensator C4 is via een lage weerstand R14 met de "DISCHARGE"-uitgang van de timer verbonden. Bovendien gaat de condensator rechtstreeks naar de "THRESHOLD"-ingang (pen 6) van de timer. Als de timer geactiveerd is (uitgang op pen 3 "H") is de "DISCHARGE"-uitgang hoogimpedant. De condensator C4 kan nu in principe opladen via de weerstanden R12 en R13 naar het tweede triggerniveau van de timer, die het moment bepaalt waarop de 555 weer naar zijn rustpositie terug schakelt. In mode 2 is weerstand R12 via de jumper verbonden met de voedingsspanning. De condensator C4 kan dus opladen tot het tweede triggerniveau, onafhankelijk van de stand van de lichtschakelaar S1. Na een bepaalde vertragingstijd, afhankelijk van de instelling van R13, gaat de 555 naar zijn rustpositie. De "L" op zijn uitgang pen 3 zorgt voor het sperren van de thyristor TH1, zodat de ventilator uitvalt. De "DISCHARGE" wordt nu laagimpedant, zodat de condensator C4 zeer snel via de kleine weerstand R14 ontladen wordt. Staat echter de jumper in de bovenste stand, dan kan de condensator C4 alleen opladen als de uitgang van poort IC1A "H" is.
Dit is alleen het geval als de ingangen van deze poort "L" zijn, dus als de lichtschakelaar S geopend wordt.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1,R2,R3,R5	=	1,5 MΩ
R4	=	220 kΩ
R6,R7,R8,R9, R10,R12,R15, R16	=	12 kΩ
R14	=	560 Ω

14.33 Timer voor WC-ventilator

Instelpotentiometers, PT10:

R11,R13	=	1 MΩ	

Condensatoren:

C1,C5	=	47 nF	MKH
C2,C3	=	220 µF	16 V elco
C4	=	470 µF	16 V elco

Halfgeleiders:

D1,D2,D7,		
D8,D9,D10	=	1N4007
D3,D5,D6,D11	=	1N4148
D4	=	ZPD12V/1.3W
TH1	=	TIC106M
T1	=	BC548
IC1	=	CD4093
IC2	=	TLC555

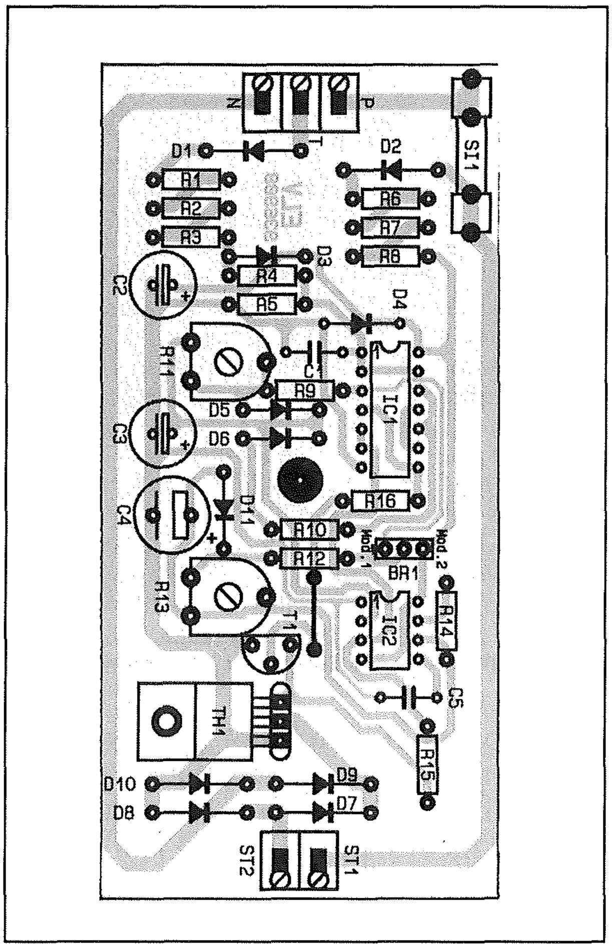
Diversen:

1 x printzekeringhouder
1 x zekering, 0,5 A
1 x printkroonsteen, 2-polig
1 x printkroonsteen, 3-polig
1 x 3-polige printjumper
1 x M3x10 bout
1 x M3 moer

Bouw van de schakeling

De volledige schakeling kan ondergebracht worden op het printje dat als figuur 4/14.33-3 op de transparante printpagina wordt voorgesteld. De onderdelen worden via figuur 4/14.33-4 naar hun plaats verwezen.

Na het solderen van de ene draadbrug tussen T1 en IC2 en de kleine onderdelen kan men de elco's, instelpotentiometers, IC's, zekeringhouder en printkroonsteentjes monteren. De thyristor wordt eerst op de print bevestigd met een M3 moertje en boutje en kan nadien vast gesoldeerd worden. Op de foto van figuur 4/14.33-5 wordt een impressie gegeven van de kompleet gemonteerde print.

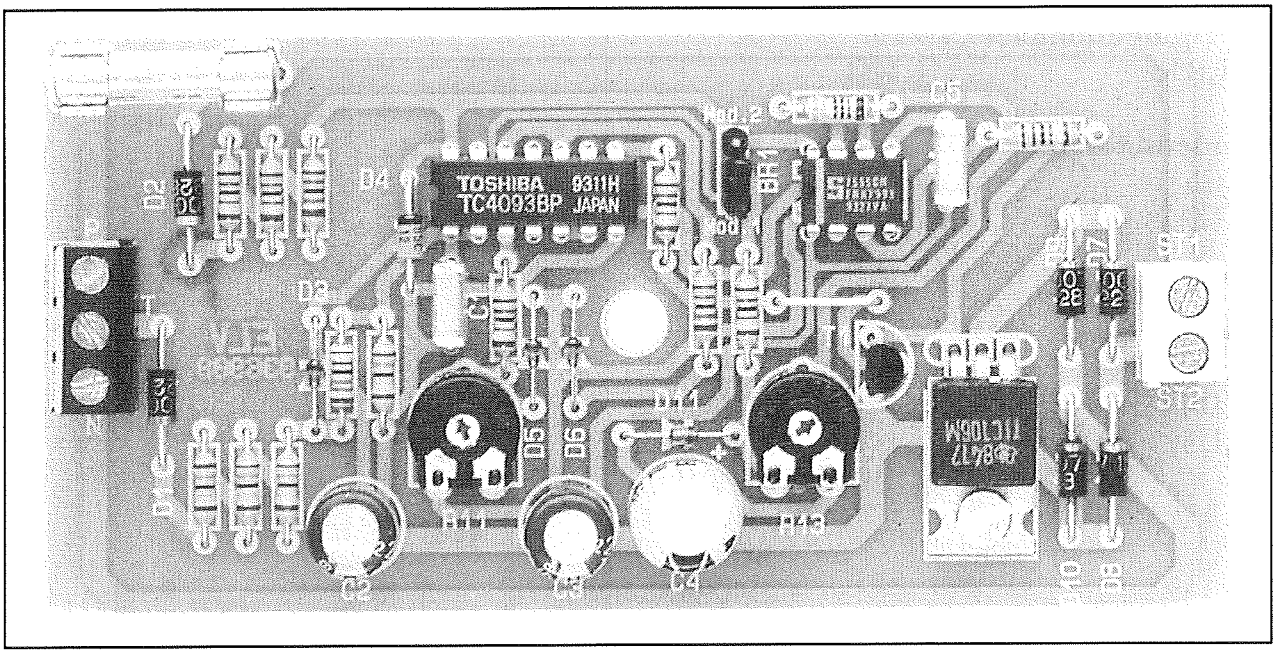


Figuur 4/14.33-4: De componentenopstelling van de print.

Nadat alle onderdelen zijn gemonteerd wordt de jumper in de gewenste modus gezet en kan de print in een kastje ingebouwd worden. Vanwege de rechtstreekse netvoeding is het absoluut noodzakelijk de print in een kunststof behuizing onder te brengen.

Het kastje kan nadien tegen de wand geschroefd worden en de bedrading met het net, de ruimteverlichting en de ventilator gelegd. Aansluiting P wordt verbonden met de fase van het net (bruine draad), aansluiting N met de nulleider (blauwe draad). Aansluiting T gaat naar het contact van de lichtschakelaar, dat met de lamp verbonden is (zwarte draad).

14.33 Timer voor WC-ventilator



Figuur 4/14.33-5: De kompleet gemonteerde print van de ventilatorsturing.

De motor van de ventilator wordt verbonden met de klemmen ST1 en ST2. De schakeling kan maximaal 100 W sturen, hetgeen meer dan voldoende is voor alle in de handel beschikbare ventilatoren. Met de instelpotentiometer R11 kan men de inschakelvertraging instellen, met de instelpotentiometer R13 de uitschakelvertraging.

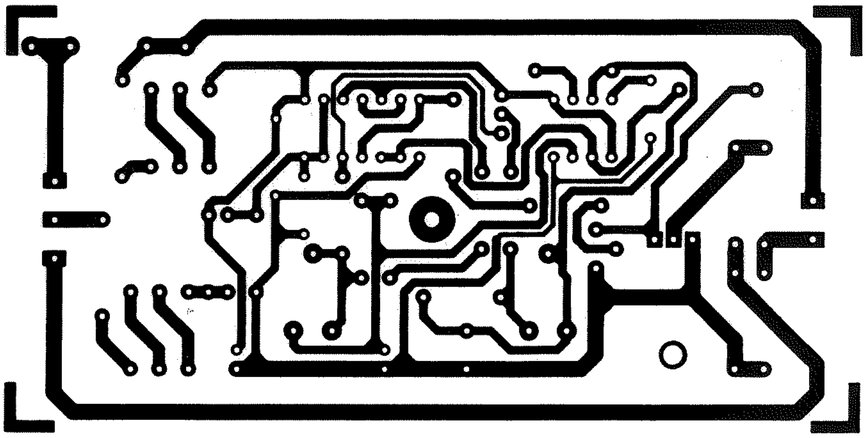
Belangrijke opmerking

De nabouwer wordt er nadrukkelijk op gewezen, dat de schakeling rechtstreeks uit het 220 V net gevoed wordt en dat het aanraken van de print levensgevaarlijk is! Als men met de schakeling wil experimenteren, of er in wil meten, moet men gebruik maken van een scheidingstrafo, zodat er een galvanische scheiding aanwezig is tussen het net en de print. Voor het verdraaien van de instelpotentiometers moet men gebruik maken van een geïsoleerde schroevendraaier. Bij het aanleggen van de externe bedrading moet men rekening houden met de geldende installatievoorschriften.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze elektronische sturing voor een WC-ventilator in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print met componentenopdruk en soldeermasker, wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB Nijverdal,
telefoon 05486-17475,
fax 05486-12678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 14.623. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.33 Timer voor WC-ventilator



Figuur 4/14.33-3: De print van de schakeling.

4/14.34

Eenvoudige thermische overbelastingsbeveiliging

Om oververhitting van componenten, zoals transistoren en IC's te voorkomen maken we gebruik van koelplaten. Echter ondanks deze koeling, gebeurt het toch telkens weer, dat componenten door oververhitting de geest geven. Door zeer langdurig gebruik van bijv. audioversterkers aan de rand van het maximale vermogen, bij kortsluiting van voeding e.d. loopt de temperatuur ondanks de koeling op tot boven de voor de component veilige waarde. Om dit soort perikelen echt te verhinderen, werd deze thermische overbelastingsbeveiliging ontworpen, die zeker ter beveiliging van dure componenten is aan te bevelen.

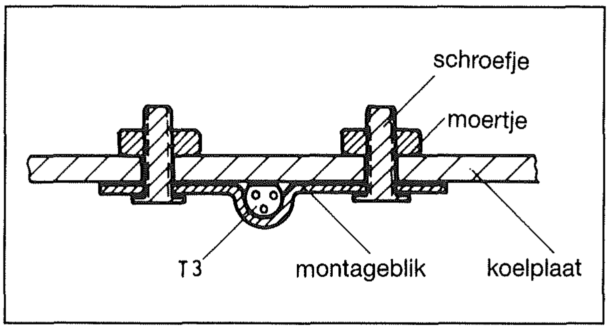
Functie en opbouw

Een kleine signaaltransistor wordt als warmtesensor gebruikt en thermisch goed aan de koelplaat van de te beveiligen component bevestigd. (Zie montageschets) Breng tussen de koelplaat en de transistor wat warmtegeleidende pasta aan. Met de potentiometer wordt de voor de te beveiligen component kritieke waarde ingesteld. Met een fohn en een thermometer kan men de werking controleren. Kunt u met een fohn de gewenste temperatuur niet bereiken, dan men de sensor (weliswaar electrisch goed geïsoleerd) met kokend water in aanraking brengen. Voor halfgeleiders mag de temperatuur van het huis (en dus de koelplaat) niet hoger worden, dan ca. 50 tot 50°C. Voor transformatoren en motoren ligt de kritische temperatuur ergens tussen de 70 en 100°C. Op het eerste gezicht lijken deze temperaturen aan de lage kant. Vergist u zich echter niet. De temperatuur wordt gemeten aan de buitenzijde of op de koelplaat. Hoewel halfgeleiders temperaturen van 160°C aankunnen, wordt hier wel bedoeld de temperatuur van het kristal. Deze temperatuur kan makkelijk 100°C hoger liggen dan de temperatuur van de behuizing.

Als de ingestelde temperatuur is bereikt, wordt het relais bekrachtigd. Met het relaiscontact kan de voeding worden afgeschakeld. Ter indicatie van de activering van de beveiliging gaat de LED aan. Als de temperatuur weer zakt, valt het relais weer af. Om klapperen van het relais te voorkomen is een hysteresis van ca. 10°C ingebouwd.

De schakeling is zo klein en eenvoudig, dat ze op een klein stukje gaatjesprint kan worden gebouwd.

14.34 Eenvoudige thermische overbelastingsbeveiliging

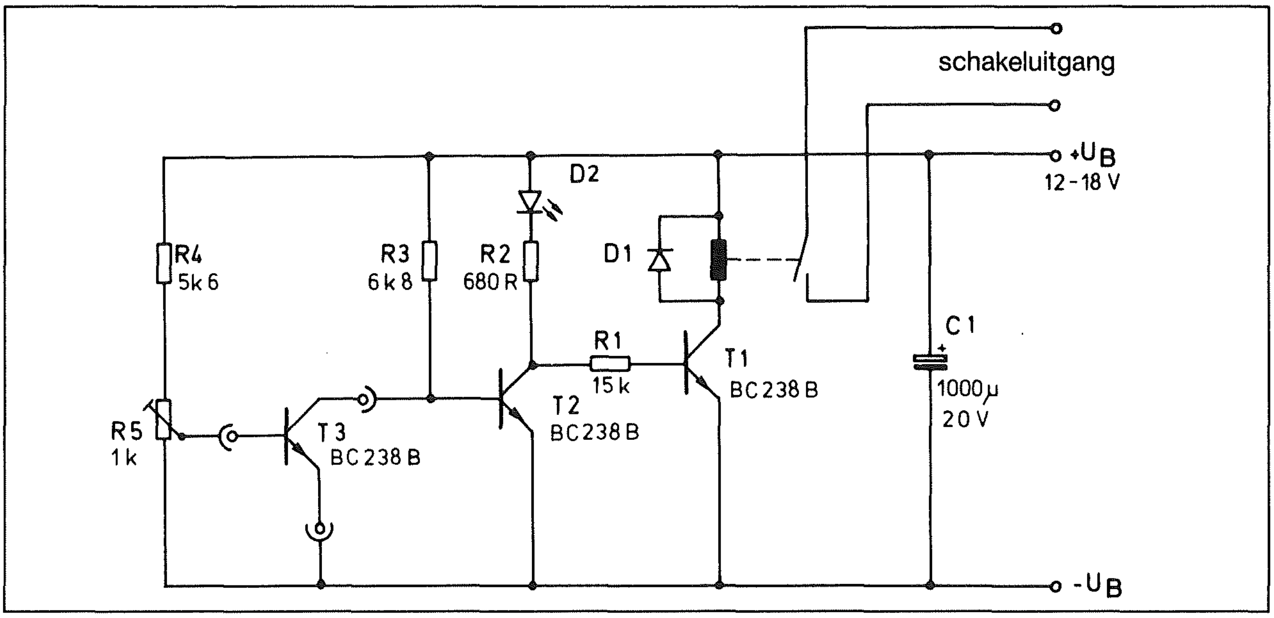


Figuur 4/14.34-1: De montageschets

Onderdelenlijst

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerking
T1,2,3	NPN-transistor	BC238B	
D1	Si-diode		universeel
D2	LED		groen
C1	elko	1000 uF/20V	
R1	weerstand	15k	kool, 5%, 0,25W
R2	weerstand	680 ohm	kool, 5%, 0,25W
R3	weerstand	6k8	kool, 5%, 0,25W
R4	weerstand	5k6	kool, 5%, 0,25W
R5	trimpot	1k	
–	Relais	R=500...1000 ohm	U afhankelijk van voeding (12..18V)
–	Gaatjesprint		
–	houder voor LED		
–	montagemateriaal voor sensor, zie schets		
–	warmtegeleidende pasta		

14.34 Eenvoudige thermische overbelastingsbeveiliging



Figuur 4/14.34-2: Het schema

14.34 Eenvoudige thermische overbelastingsbeveiliging

4/14.35

Spanningsniveau converter. TTL naar bipolair

In allerlei schakelingen komt het steeds vaker voor, dat een deel van de schakeling, dat is uitgevoerd met TTL-componenten verbonden moet worden met een deel, waarin operationele versterkers worden toegepast. Zolang de opamps maar een voeding hebben is het probleem eenvoudig op te lossen. De beide delen van de schakeling hebben dezelfde referentie: de aarde. Het enige verschil ligt in de hoogte van de voedingsspanning en de signaalniveaus. Met wat weerstanden en eventueel diodes ter beveiliging kunnen de niveaus eenvoudig aan elkaar worden aangepast. Anders wordt het, wanneer de opamps slechts gevoed kunnen worden met twee voedingsspanningen (een positieve en een negatieve. Nu is een directe koppeling niet meer mogelijk. Een negatieve spanning op de ingang van een TTL-poort heeft een onmiddelijke vernietiging van de poort ten gevolge. Met de hier gepubliceerde schakeling is het probleem echter tamelijk eenvoudig te overwinnen.

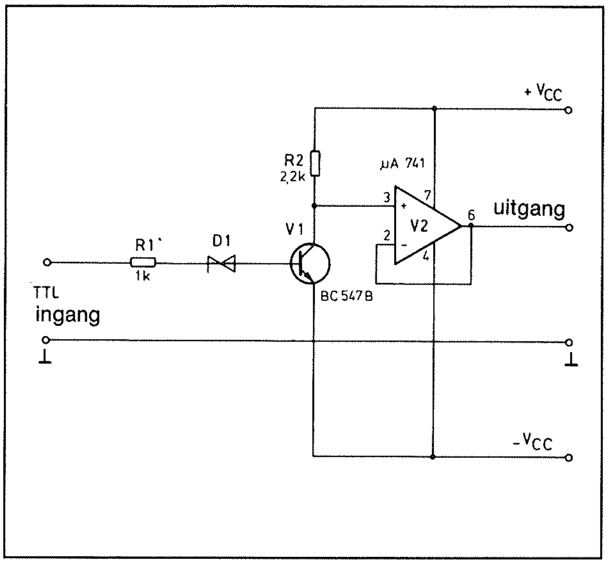
Beschrijving van de schakeling

Wat men nodig heeft zijn slechts de volgende componenten: een transistor, een zenerdiode, een opamp en twee weerstanden. De TTL-niveaus worden door de schakeling als volgt geconverteerd: Een laag TTL-niveau geeft op de uitgang een spanning van -15V, een hoog TTL-niveau resulteert in een uitgangsspanning van +15V. Wel dienden de TTL en de opampvoeding een gemeenschappelijke aarde te hebben.

Een TTL-hoog-niveau mag volgens de specificaties een waarde hebben die ligt tussen de +2,4V en de +5V. Het TTL-laag-niveau moet tussen +0V en +0,7V liggen. Waarden tussen 0,7V en 2,4V zijn ongedefiniëerd en komen niet voor. De waarde van de zenerspanning van de zenerdiode moet ca. 0,7V groter worden gekozen, dan de waarde van de negatieve voedingsspanning van de opamp. Als op de ingang van de schakeling een TTL-hoog-niveau wordt aangeboden, dan is het potentiaalverschil tussen de negatieve voedingsspanning en de ingang van de schakeling minstens 17,4V bij een negatieve voedingsspanning van -15V.

Omdat in dit geval de gekozen zenerdiode een zenerspanning zal hebben van 16V, valt er over de basis-emitter en zener een spanning van 0,7V + 16V.
De overblijvende 0,7V staat over de voorschakelweerstand R1. De transistor komt in geleiding, waardoor op de collector -15V komt. De opamp dient uitsluitend als impedantietrafo om eventuele aanpassingsproblemen met

14.35 Spanningsniveau converter



Figuur 4/14.35-1: Het schema

achterliggende elektronica te verkomen. Als op de ingang een TTL-laagniveau wordt aangeboden, is het potentiaalverschil tussen ingang en negatieve voeding nog slechts 15V. Er moet nu onder alle omstandigheden worden voorkomen, dat de transistor in geleiding komt. Dit verklaart, waarom de zenerspanning direct van de negatieve voedingsspanning afhankelijk is. In het gekozen voorbeeld zal de transitor zeker sperren. Op de niet inverterende ingang van de opamp komt dan +15V te staan. Daardoor zal ook op de uitgang van de schakeling +15V verschijnen. De uitgangssignalen van + of -15V zonder meer door elke schakeling met een dubbele voeding verder worden verwerkt.

De opbouw

De schakeling is zo klein, dat het nauwelijks de moeite loont een print te maken. Een stukje gaatjessprint zal zeker voldoen.
In onderstaand lijstje zien we een aantal keuze voorbeelden voor de zenerspanning van de zenerdiode:

Neg. voeding	Zenerdiode
- 5V	ZPD 5,6V
- 9V	ZPD 10 V
-12V	ZPD 13 V
-15V	ZPD 16 V

Het vermogen van de zener is nauwelijks belangrijk. Een 500 mW type is zeker voldoende. Als opamp is een LM 741 een goede keuze. Als er hoge eisen worden gesteld aan de frequentie of hoge ingangsimpedantie kan ook een TL 081 of een LF 355 worden gebruikt. Al deze typen zijn verkrijgbaar in een 8-pens DIL behuizing en pin-compatibel. Er zijn geen afregelingen.

14.35 Spanningsniveau converter

Onderdelenlijst

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerking
V1	NPN-transistor	BC238B	
V2	Opamp	741 uA	of TL081 / LF355
D1	Zenerdiode	zie tekst	500 mW
R1	weerstand	1k	kool, 5%, 0,25W
R2	weerstand	2k2	kool, 5%, 0,25W
–	Gaatjesprint		

14.35 Spanningsniveau converter

4/14.36

Spanningsniveau converter. Bipolair naar TTL

De in hoofdstuk 4/14.35 beschreven schakeling lost slechts de helft van het spanningsconversie probleem op. Het zal evenzeer voorkomen, dat uitgangen van opamps worden gebruikt om binaire TTL logica te sturen. En het ligt eigenlijk voor de hand, dat ook dit niet zondermeer mogelijk is. Voor het converteren van bipolaire logische niveaus naar TTL niveaus is de hier beschreven schakeling bedoeld. Er is getracht de omzetting op zo goedkoop mogelijke wijze te realiseren, echter met een schakeling, die bij nabouw geen problemen mag opleveren. De resulterende schakeling is het toppunt van eenvoud.

Het probleem

Terwijl we bij omzetten van TTL-niveaus naar bipolaire niveaus op de ingang eigenlijk maar twee verschillende spanningen verwachten: hoog resp. laag, ligt dit, bij de omzetting de andere kant uit, even anders. Immers in een analoge schakeling met dubbele voeding is elke uitgangsspanning tussen de positieve en de negatieve voeding mogelijk. Waar liggen de grenzen? Is er een grijs gebied? Moet er onderscheid worden gemaakt tussen een uitgangsspanning van +15V en +1V, of leveren beide een laag-niveau op de TTL uitgang. Aangezien TTL geen grijsgebied kent, zal elke spanning in een eenduidig TLL-niveau moeten resulteren. Waar de grenzen komen te liggen kan in deze schakeling met behulp van twee zenerdioden min of meer zelf worden gekozen.

Beschrijving van de schakeling

Om de beide schakelingen compatibel te houden maken we dezelfde afspraak omtrent de spanningsniveaus. Deze afspraak is:

−15V komt overeen met TTL-hoog
+15V komt overeen met TTL-laag

In de TTL schakeling kan dit met een inverter worden omgedraaid. Dus als uw wens tegengesteld is aan wat hier is afgesproken is, dan kunt u dat op een simpele manier te wijzigen.

Met IC1 wordt het ingangssignaal ontkoppeld en gebufferd. Dit is noodzakelijk om belasting van de eventueel hoogohmige analoge schakeling te voorkomen. Aan de uitgang van de als impedantietrafo dienende opamp IC1 staat het gebufferde ingangssignaal. Als de ingangsspanning -15V bedraagt, dan wordt via de dioden D1, ZD1 en weerstand R1 transistor T1 in geleiding gestuurd. Hierdoor komt via T1 en R3 de +5V voedingsspanning op de uitgang te staan. We hebben dan een TTL-hoog-niveau, dat zonder meer

14.36 Bipolair naar TTL

door TTL-poorten verder kan worden verwerkt. Bij een ingangsspanning van +15V, zal D1 sperren en D2 in geleiding komen. Via ZD2 en R2 komt nu T2 in geleiding. Daardoor komt de uitgang van de schakeling aan aarde te liggen. Weliswaar via de collector/emitter junctie, maar de uitgang zal zeker lager zijn, dan 0,7V. Natuurlijk moeten wel de aarde van de analoge schakeling en van het digitale deel met elkaar zijn verbonden. Bij de aangegeven dimensionering van de zenerdioden is een ingangssignaal van −10V..-15V voldoende om T12 te sturen, terwijl een spanning van +109V..+15V voldoende is om T2 te sturen. Het gebied tussen +10V en -10V is een grijze zone, waarin beide transistoren sperren.

De analoge schakeling, die het ingangssignaal levert, zal dus zo moeten werken, dat de aangeboden spanning altijd positiever is dan +10V of negatiever dan -10V om niet in de ongedefiniëerde grijze zone te komen. Als men toch in deze grijze zone mocht terecht komen, zullen beide transistoren sperren. De uitgang van de schakeling is dan hoogohmig. Deze situatie wordt door TTL-logica geïnterpreteerd als een hoog-niveau, echter met een grote storingsgevoeligheid! Bij omschakelen van het ene naar het andere niveau moet de ingangsspanning zo kort mogelijk tussen de + en -10V zijn. Dat wil zeggen, dat het signaal een grote een grote steilheid moet hebben. De meeste comparators voldoen aan die eis.

De zenerspanning van de zenerdiodes kunnen in het getekende schema maximaal 18V zijn voor ZD1 en maximaal 13V voor ZD2. In dat geval worden alleen ingangsspanningen van + of -15V als waarde geaccepteerd. De waarde van ZD1 moet altijd ca. 5V groter worden genomen dan die voor ZD2, omdat T1 niet naar aarde schakelt, maar naar +5V.
Bij verandering van de zenerdiodes moeten ook de waarden van de weerstanden R1 en R2 worden aangepast. Als het grijze gebied zo klein mogelijk dient te zijn, kan men voor ZD1 en 3,3V type nemen en ZD2 vervangen door een draadbrug. R1 moet dan 8k2 worden en R2 wordt 5k6. De weerstanden begrenzen de basisstroom van de transistoren T1 en T2. Bij bovenstaande waarden kunt u rekenen op de volgende schakelniveaus:

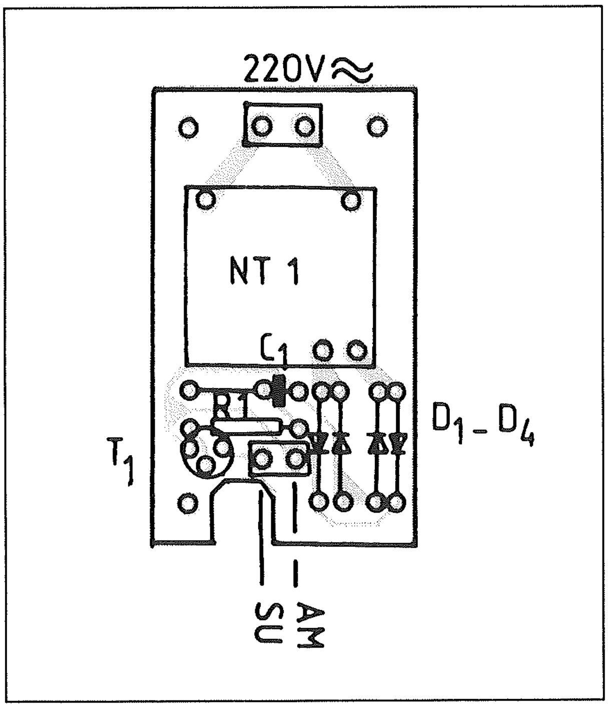
-1 Volt tot -15V resulteert in een TTL-hoog-niveau en
+2 Volt tot +15V resulteert in een TTL-laag-niveau.

Welke variant gekozen wordt is natuurlijk afhankelijk van de gewenste toepassing. Om zeker te zijn van een goede pulsvorm aan de digitale kant van de schakeling kan het ingangscircuit van deze digitale schakeling het best worden voorzien van een Schmitt-trigger, bijv. een 7413. Bij de toepassing als converter van comparators kan men het best de grijze zone zo groot mogelijk houden. Een andere actuele toepassing is de conversie naar TTL niveaus van RS232/V24 signalen, zoals die in computer en computer randapparatuur wordt gebruikt. Deze signalen liggen altijd tussen +3 en +15V of tussen -3 en -15V. De laatst beschreven waarden van de zenerdiodes en de daaruit volgende niveaus zouden hiervoor dus uitstekend voldoen.

14.36 Bipolair naar TTL

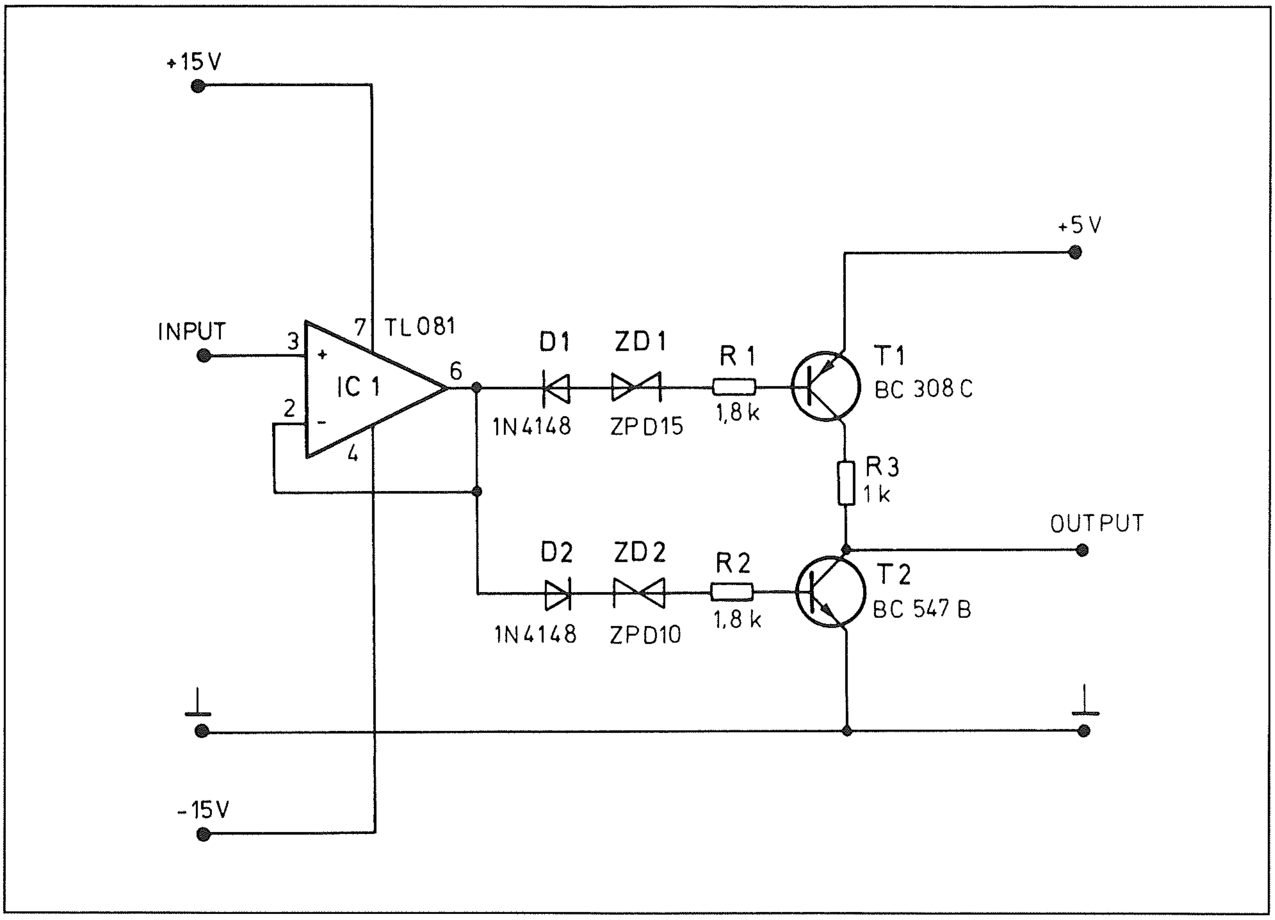
Onderdelenlijst

Positie	Omschrijving	Type/waarde	Opmerking
IC1	Opamp	TL 081	Texas Instr.
T1	PNP-transistor	BC 308 C	
T2	PNP-transistor	BC 547 B	
D1,D2	Ontkoppeldiodes	1N4148	
ZD1	zener-diode	ZPD 15	15V (zie tekst)
ZD2	zener-diode	ZPD 10	10V (zie tekst)
R1,R2	weerstand	1k8	5%, 0,25W
R3	weerstand	1k	5%, 0,25W
–	Printplaat 60x35 mm		
–	IC-voetje 8-polig		
–	6 soldeerpennen	1,3 mm	

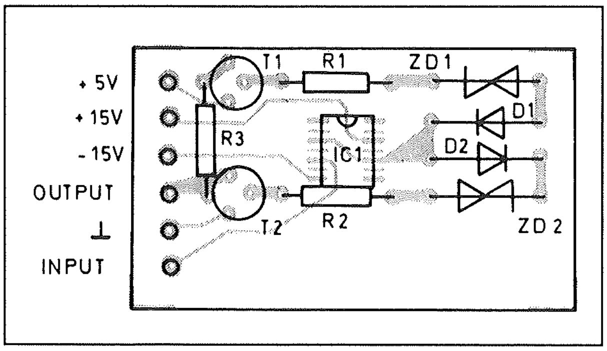


Figuur 4/14.36-2: De print layout, soldeerzijde

14.36 Bipolair naar TTL

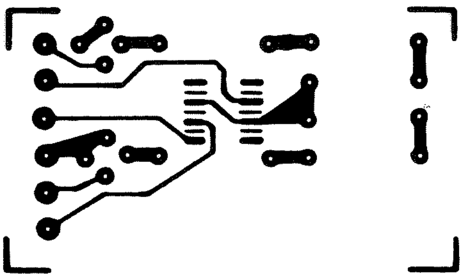


Figuur 4/14.36-1: Het schema



Figuur 4/14.36-3: Onderdelen plattegrond

14.36 Spanningsniveau-converter (Bipolair naar TTL)



Figuur 4/14.36-2: Print lay-out (soldeerzijde).

4/14.37

Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

Inleiding

De beste energiebesparing bij verlichting wordt bereikt door het uitschakelen van de verlichting als iedereen de verlichte ruimte verlaten heeft. Wat echter als u, zullen we zeggen wat vergeetachtig, bent? Klinkt iets vriendelijker dan slordig, nietwaar? Als het 's avonds donker wordt en u ziet onder de kelderdeur licht uitkomen, hoe lang heeft dat licht dan gebrand? Om niet te spreken van een licht, dat ergens nog brandt nadat u van vakantie thuiskomt. Zulke dingen zetten een elektronicus natuurlijk aan het denken. Kan er niet een schakeling worden bedacht, die de verlichting vanzelf uitschakelt? De tijd, waarna de schakeling het licht uitschakelt moet natuurlijk binnen ruime grenzen zijn in te stellen. En het uitschakelen moet door de schakeling op een of andere wijze van te voren worden aangekondigd, zodat men erop voorbereid is.

Om het beschreven doel te bereiken beginnen we met het inroepen van de hulp van een IC, dat de funktie van het in- en uitschakelen overneemt. Een goede keus is bijvoorbeeld de sensordimmer S566 van Siemens. Dit IC verenigt een aantal interessante funkties, die via zijn acht pootjes ons ten dienste staan.

Vervanging van een mechanische schakelaar brengt geen wijziging van de installatie met zich mee.

Mogelijke bediening middels sensors (geen mechanische schakelaars meer).

Sturing van de schakeling vanaf een onbeperkt aantal remote (is verwijderde) sensors.

Het schema

Het schema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.37-1

De S566 kan met een enkele sensor worden bediend. Om te zorgen, dat de sensor niet te gevoelig is voor storingen wordt een tijdkriterium aangehouden voor de tijd dat de sensor wordt aangeraakt. Ingangssignalen die korter duren dan 60 ms hebben geen effekt.

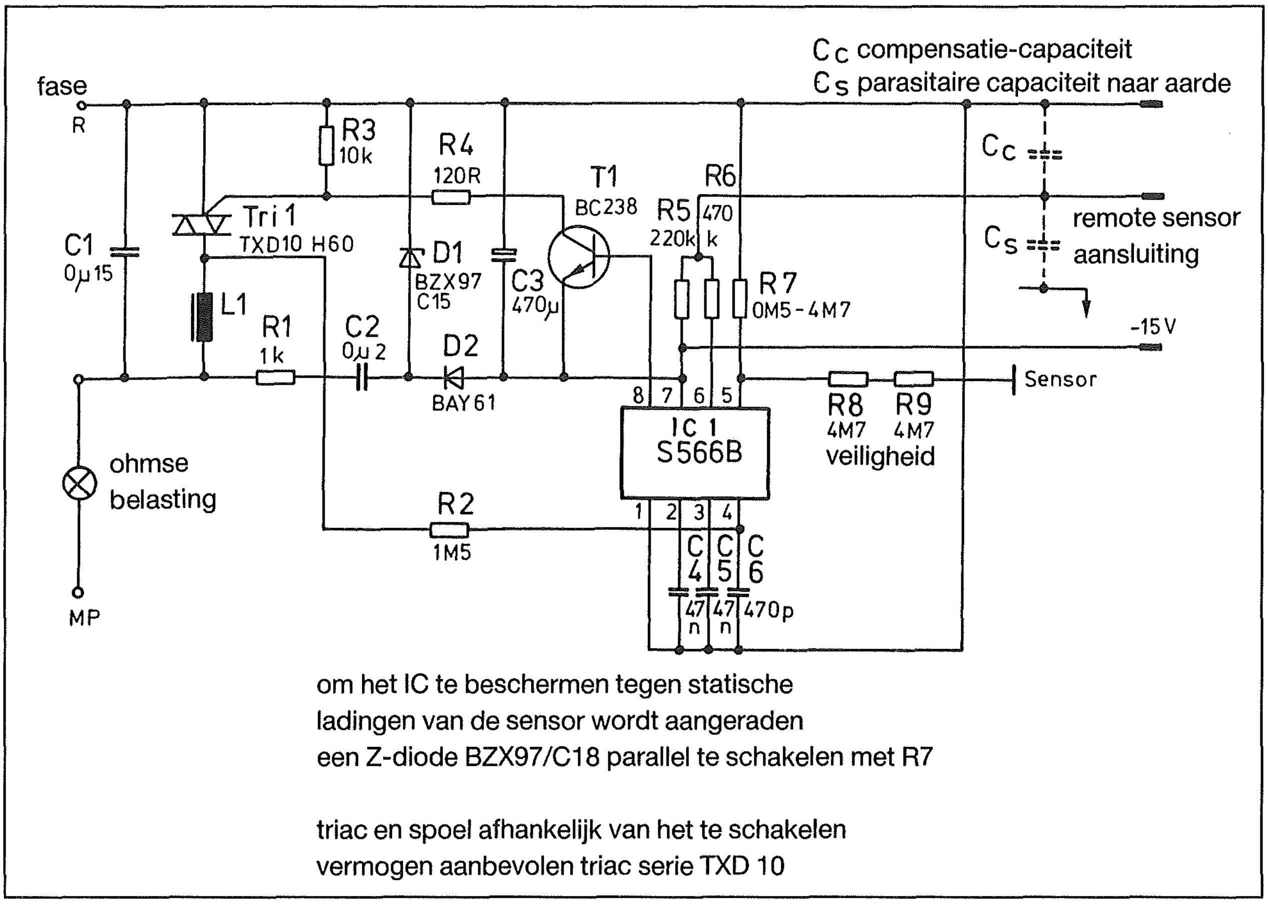
Door de sensor kort aan te raken (langer dan 60 ms, maar korter dan 400 ms) wordt de belasting aan- of uit-geschakeld alnaar gelang de voorgaande stand.

Als de sensor langer wordt vastgehouden (langer dan 400 ms) dan begint het aansnijden van de fase van belasting. Het regelbereik loopt van 30-150 graden. Eén cyclus licht-donker-licht verloopt in ca. 7 seconden. De cyclus wordt onderbroken, wanneer de vinger weer van de sensor wordt genomen.

De verschillende versies van het IC, de S566A en de S566B, verschillen enkel in de stuurfuncties van elkaar.

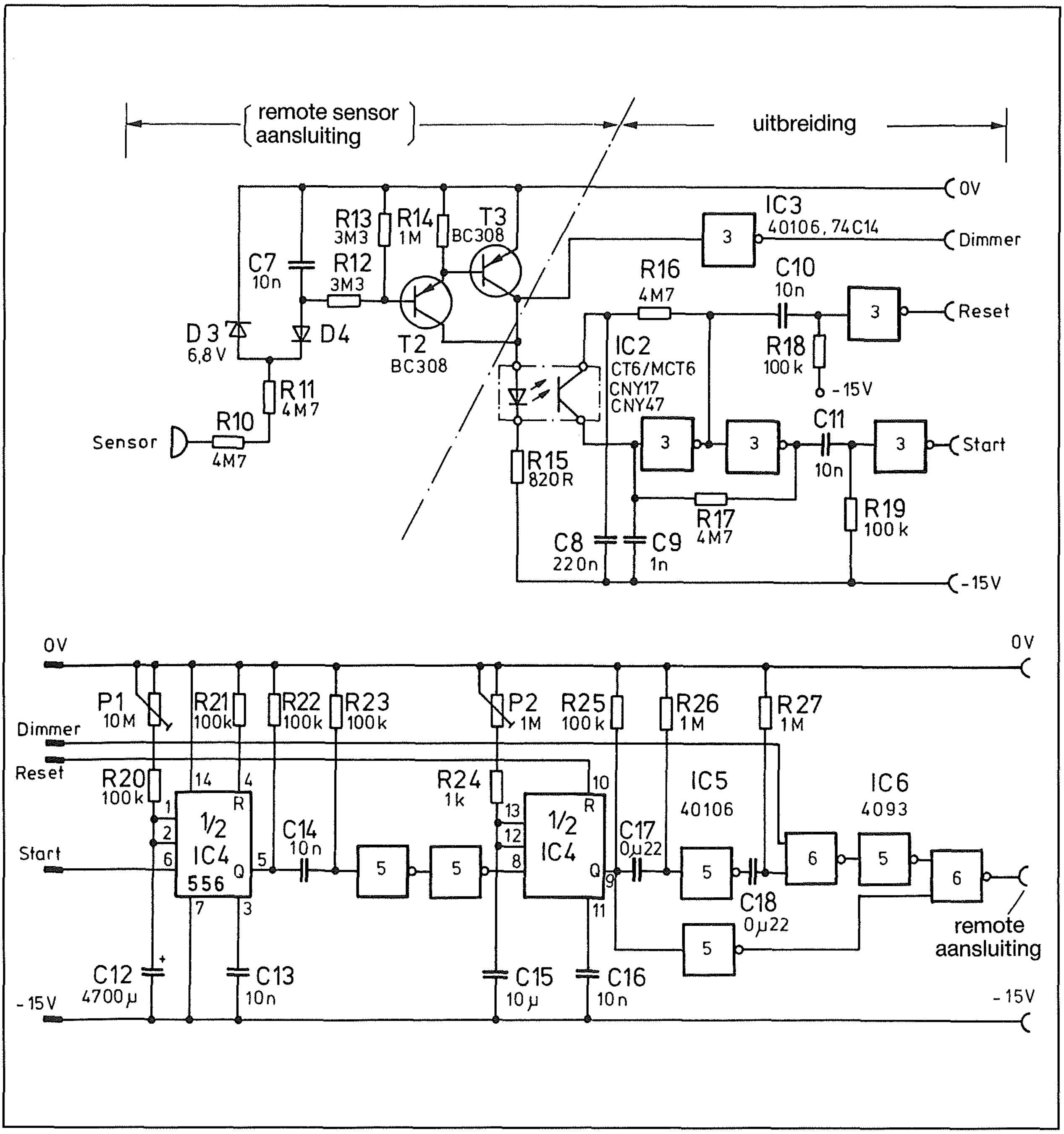
14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

- S566A: bij het inschakelen wordt altijd de maximale lichtsterkte ingeschakeld. Bij het dimmen wordt uitgegaan van de minimale lichtsterkte. Bij opnieuw dimmen wordt dezelfde richting aangehouden, bijvoorbeeld lichter.
- S566B: bij het uitschakelen wordt de ingestelde lichtsterkte bewaard. Bij het weer inschakelen gaat het licht dus weer aan in dezelfde sterkte.
  Bij het dimmen wordt vanaf deze bewaarde stand verder gegaan, bij opnieuw dimmen keert de dimrichting om.



Figuur 4/14.37-1: Dimmerschakeling met commentaar.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren



Figuur 4/14.37-2: Sensordimmer-remote sensoren en de extra onderdelen voor de spaardimmer.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

De schakel- en dim-funkties zijn ook vanaf remote sensoren te bedienen, die daartoe op een speciale aansluiting van de schakeling zijn aangesloten. Er is geen verschil in 'rechten' tussen de direct aangesloten (lokale) sensor, of de remote sensoren. Voor de verwijderde sensoren kunnen zowel elektronische sensorschakelaars als drukknoppen worden toegepast.

Bij korte perioden van netuitval (tot ongeveer 1 s) blijft de schakeltoestand bewaard. Bij langere netonderbreking gaat de schakelaar naar de 'uit'-stand. Door de bedrading naar de nevensensoren kan een grote brom worden opgepikt, vooral als deze draden parallel lopen aan de netleidingen of aarddraden. Deze brom zou na een netuitval een ingangssignaal kunnen simuleren. Om dit te voorkomen wordt een compensatie-condensator aanbevolen (Cc) van max. 390 nF. Dit ontstoort leidingen tot minstens 80 m lengte.

De basisschakeling vervult de volgende functies:

- voeding van de schakeling (R1, C2, D1, D2, C3);
- het afleiden van een synchronisatie signaal voor de PLL-schakeling van het IC (R2, C6);
- versterking van het uitgangssignaal om de triac te kunnen sturen. (T1, R3, R4);
- beschermen van de gebruikers (R8, R9);
- instelling van de gevoeligheid van de sensor (spanningsdeler R7 : R8 + R9);
- stroombegrenzing bij verkeert aansluiten van de remote sensoren (R5, R6).

Wanneer geen remote sensoren worden gebruikt, kunnen de weerstanden R5 en R6 vervallen. De pennen 6 en 7 van het IC worden dan met elkaar doorverbonden.

De uitbreiding wordt aan de remote sensor ingang van de dimmerschakeling aangesloten, zie figuur 4/14.37-2. De bediening van de functies aan, uit en dimmen worden ook hier met een sensor uitgevoerd. Als men de sensor aanraakt worden de transistoren T2 en T3 bij beide halve sinussen van de netspanning geleidend. De schakeling met T2, T3, D3 en D4 is ongevoelig voor korte stoorpulsen en heeft een vertraging van ongeveer 30 ms. De verandering van het niveau op de collector van T3 wordt via een inverter (IC3) en twee NAND's (IC5) direct doorgegeven aan de ingang voor de remote aansluiting en schakelt daarmee het licht aan. Tegelijkertijd wordt echter de puls ook via de opto-coupler IC2 aan de flip-flop (R15, R16, C8, C9) doorgegeven. De flip-flop zal telkens als als de bovenkant van C9 wordt verbonden met de linkerkant van R16 van stand veranderen (omslaan). Bij de eerste aanraking van de sensor komt er op C11 een logische 1 te staan, waardoor de mono-flop IC4 start. De volgende logische 1 komt echter op C10 terecht, waardoor beide mono-flops van IC4 worden gereset.

Als de tweede aanraking van de sensor achterwege blijft dan zal de mono-flop het uitschakelen verzorgen na een 'aan-tijd', die afhankelijk is van P1, R20 en C12 en die met P1 kan worden geregeld van 8 minuten tot 14 uur. Als kortere tijden worden gewenst, dan moet men C12 kleiner maken.

Formule voor de berekening:

$$t = 1{,}1 \times (P1 + R20) \times C12$$

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

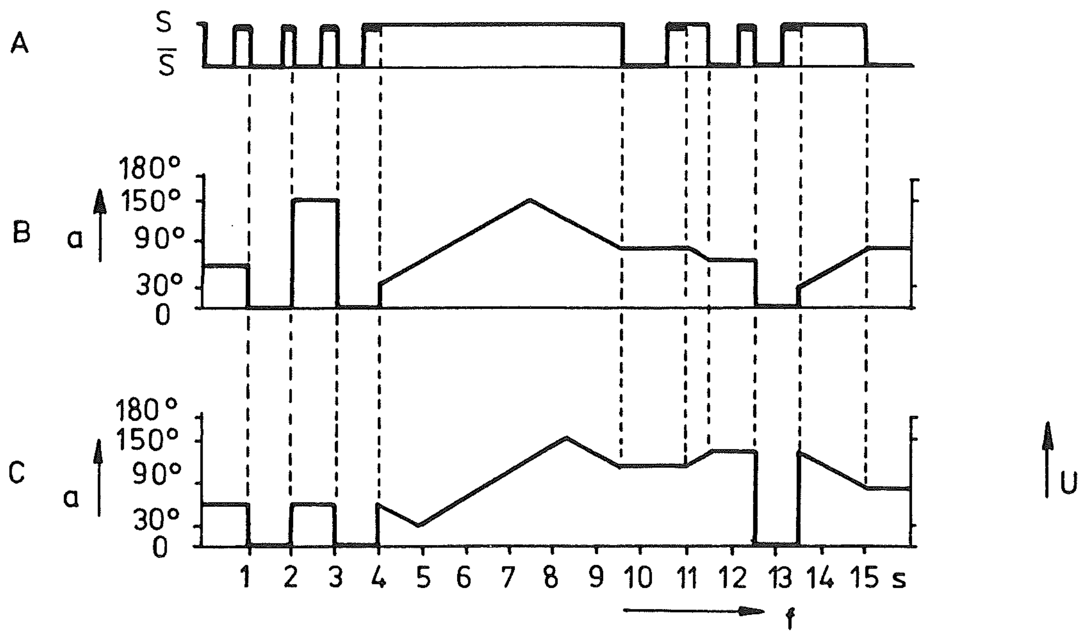
Als de 'aan-tijd' is afgelopen start de neergaande flank via C14 en R23 de tweede mono-flop. De tijdconstante hiervan wordt bepaald door P2 en C15. De uitgangspuls is ongeveer 7 seconde breed.

Formule voor de berekening:

$$t = 1{,}1 \times (P2 + R24) \times C15$$

De uitgangspuls komt via de NAND (IC6) op de ingang voor de remote aansluiting en dimt de verlichting 7 seconde.

De lichtsterkte is dan weer terug op het ingestelde niveau, terwijl de gehele dimcyclus is doorlopen. Daarmee heeft de elektronica aangegeven, dat de 'aan-tijd' is verstreken. Daarna wordt de verlichting uitgeschakeld. Als men het uitschakelen wil verhinderen, omdat men langer dan gebruikelijk in de verlichte ruimte moet zijn, dan kan dit eenvoudig door de sensor kort aan te raken. Het licht schakelt uit en aan en een nieuwe periode start. Als men niet in de ruimte is merkt men van de dimcyclus niets en kan het licht automatisch worden uitgeschakeld.



gedrag van de S556: aansnijdhoek a van de stroom als functie van het stuursignaal

A stuursignaal

S = sensor aangeraakt

S̄ = sensor niet aangeraakt

Figuur 4/14.37-3: Besturing van de S566.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

Na een korte pauze (R26, C17) levert de inverter met R27 en C18 een ongeveer 200 ms lange puls aan de ingang voor de remote aansluiting en schakelt daarmee het licht uit.

Formule voor de berekening:

t= 0,5 x R26 x C17

Met dit stukje elektronica is dus best een leuke besparing te realiseren. Laten wij het griezelvoorbeeld van de inleiding nog eens voor de geest halen. Na drie weken vakantie komt men thuis en vindt het licht in de kelder nog aan. Laten we aannemen een lamp van 60 Watt. Verbruik in deze periode:

60 Watt x 21 dagen x 24 uur = 30,240 Wh, of te wel ongeveer 30 kWh!

De bouw
De schakeling kan worden ingebouwd in een grote verdeeldoos of een kunststof behuizing. Men verdeelt de gehele schakeling het best in twee delen. Het breukvlak om zo te zeggen is de collector van T2, T3 van figuur 4/14.37-2. Men kan de componenten R10 tot R14, D3, D4, T2 en T3 inbouwen op de plaats waar vroeger de mechanische schakelaar zat. Twee (reeds aanwezige) draden verbinden de 0 V en de collector-verbinding T2, T3 met de rest van de schakeling, waarvan ook de leidingen naar het licht en de voeding gaan.

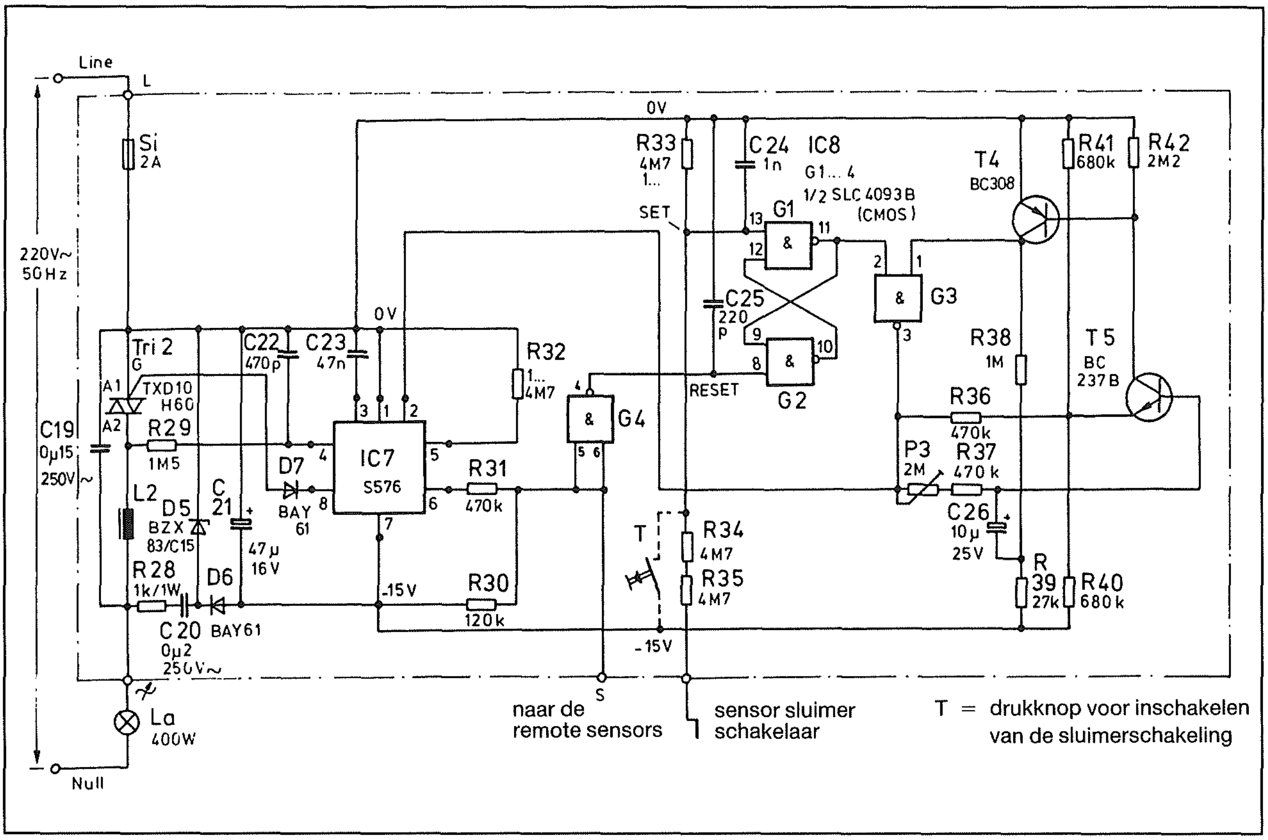
Na het aanbrengen van de onderdelen van de schakeling in/op de muur moet men dimmer en remote sensor nog op elkaar synchroniseren met behulp van de hoofdsensor. Als de uitbreidingselektronica in rust is, 0 V op pen 5 en 9 van IC4, dan moet het licht uit zijn. Is dit niet het geval dan kan men dit met de hoofdsensor instellen. Voor de normale werking gebruikt men altijd de remote sensor.
De lage voedingsspanning van 15 V mag u niet interpreteren als gevaarloos! De gehele schakeling ligt namelijk aan de netspanning. Wees dus voorzichtig bij het bouwen en de montage.
Voorzichtig 220 V!

Sluimerschakeling
De schakeling levert zijn bijdrage aan komfort en besparing natuurlijk het best in die ruimten waar het licht gemakkelijk wordt vergeten. Daarbij denken we aan de kelder, hobbykamer, garage, schuur, badkamer, toilet en zolder maar ook bijvoorbeeld aan trappenhuizen. Anderzijds kan de schakeling aandringen een bepaalde ruimte nu toch eindelijk eens te verlaten. Denk eens aan de party-gasten, die het aanbreken van de volgende dag pas opmerken als de verlichting uitgaat.

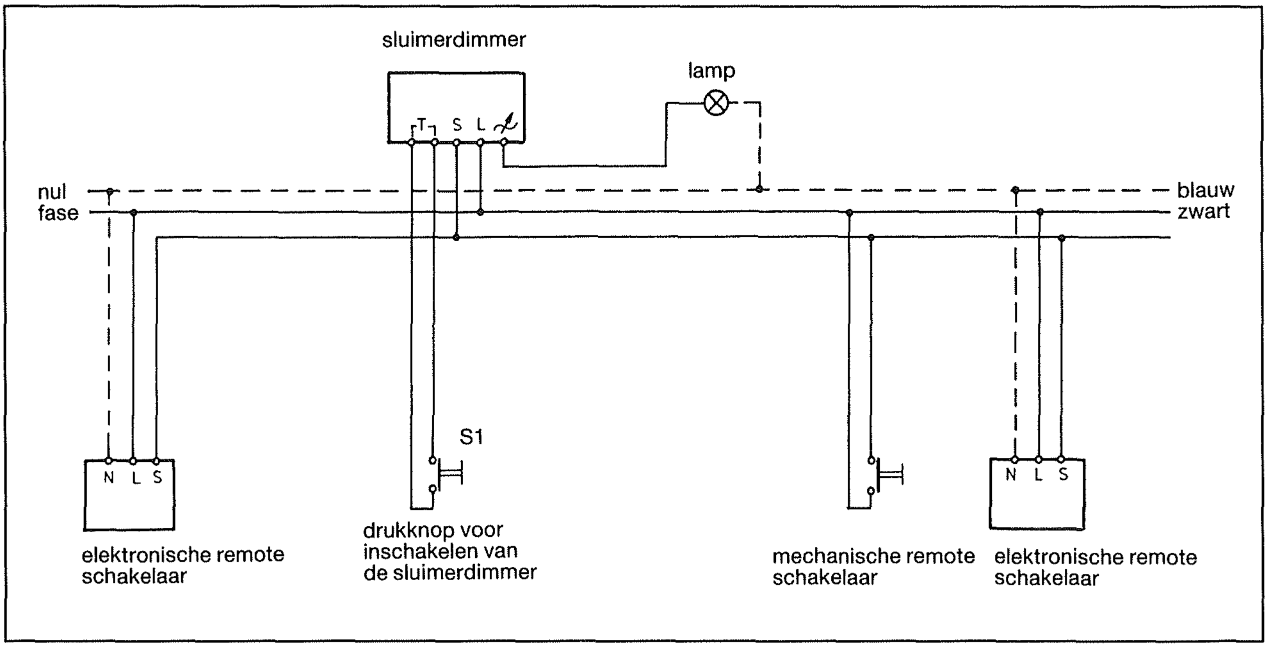
De schakeling kan nog comfortabeler worden uitgevoerd door gebruik te maken van het IC S 576. Dit dimmer IC biedt de mogelijkheid een sluimerschakeling te maken. Dat wil zeggen dat na de signalering 'einde aan-tijd' het daarna niet onmiddellijk donker wordt maar de verlichting over een bepaalde periode langzaam dimt, totdat het licht geheel uit is. Deze 'sluimerperiode' kan tot een uur duren.

Om een sluimer-dimmer te bouwen bewijst pen 2 van het dimmer IC S 576 B ons de nodige diensten. Zoals volgt uit figuur 4/14.37-4 hebben we een paar transistoren nodig en een IC 4093. Helaas is deze schakeling niet meer in een doos onder te brengen. In figuur 4/14.37-5 is te zien welke weg we nu kunnen bewandelen. De

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

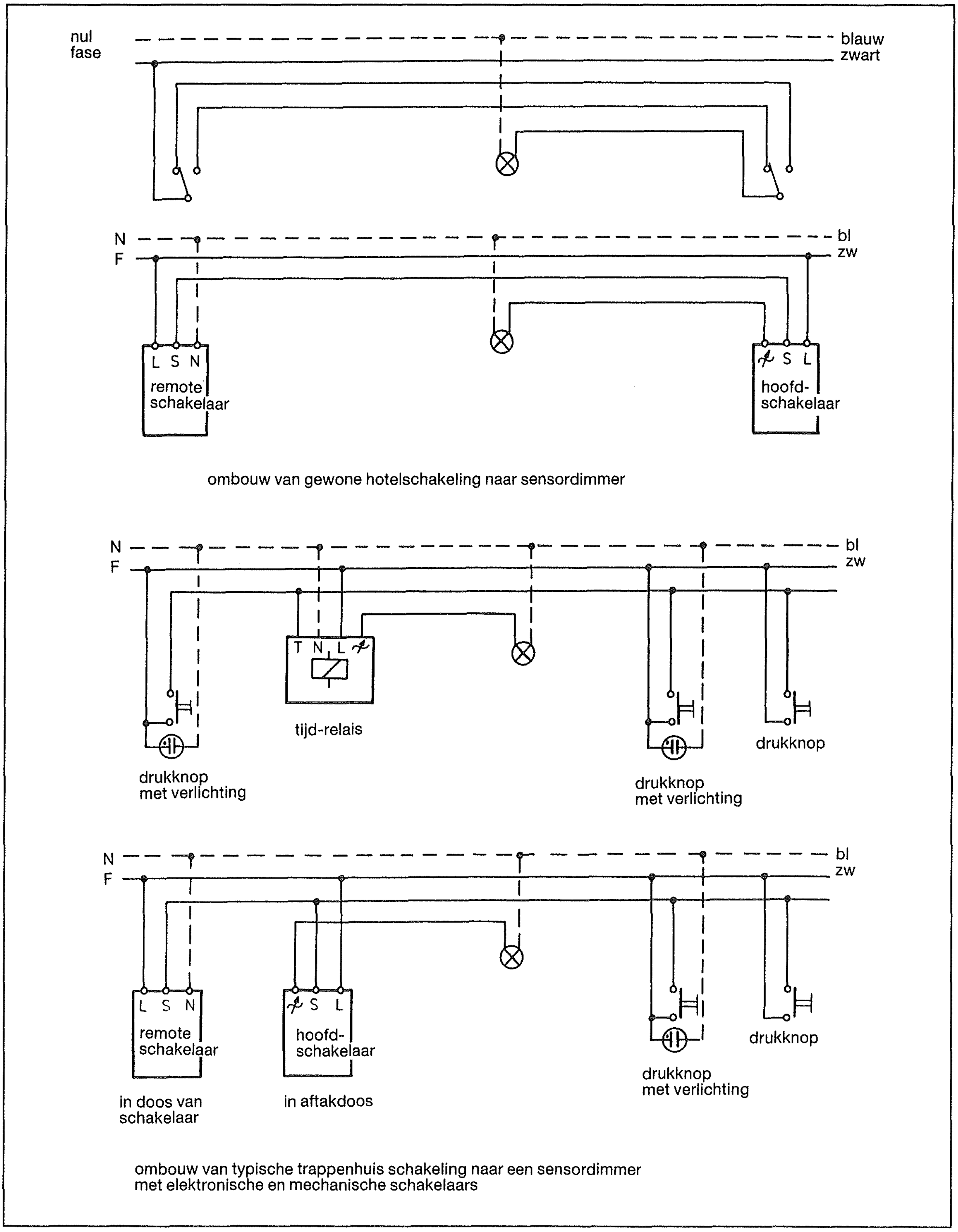


Figuur 4/14.37-4: Dimmer met sluimerschakelaar.



Figuur 4/14.37-6: Sluimerdimmer voor verlichting van ruimten die op meerdere plaatsen aan- en uitgeschakeld kunnen worden.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren



Figuur 4/14.37-5: Trappenhuisverlichting met sensor-dimmer.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

hoofdschakeling wordt ondergebracht in een aftakdoos. Op overeenkomstige wijze kan ook de sluimerdimmer in een aftakdoos worden ondergebracht, zie figuur 4/14.37-6. De bediening kan zowel door elektronische sensor schakelaars als door mechanische drukknoppen worden verzorgd. Het inschakelen van de sluimerdimmer gebeurt via een extra drukknopschakelaar 'S1'. Daarom vinden we op de sluimerdimmer dan ook vijf aansluitpunten. De punten 'S', 'L' en '+' dienen voor de gewone dimmer-functies. De beide 'T'-aansluitingen zijn voor de aansluiting van de 'sluimer'-schakelaar.
Natuurlijk is ook bediening van de sluimerdimmer met een sensorschakelaar mogelijk. Bij het aan-, uit-schakelen en bij het dimmen hebben we een optische controle op de funktie. Bij de sluimerdimmer is dit niet zo. Een mechanische drukknop geeft ons doorgaans een beter 'gevoel' van al dan niet werken van de drukknop. In figuur 4/14.37-6 kunt u zien, hoe de sluimerdimmer via de fasedraad van voeding wordt voorzien en met de+ -uitgang de lamp van spanning voorziet. Via de S-leiding komen de pulsen van de mechanische en/of elektronische remote schakelaars bij de dimmer binnen. De sluimerfunktie wordt ingeschakeld met de 'S1' drukknop, die met twee aparte draden met de dimmer is verbonden. Natuurlijk is ook hier parallelschakeling van meerdere drukknoppen mogelijk.

Hoe werkt de sluimerschakeling zelf nu eigenlijk? In figuur 4/14.37-4 herkennen we de reeds bekende dimmer-schakeling met het IC S 576. De sensorvlakken kunnen voor verhoging van het comfort worden uitgerust met LED's. Ze zijn dan in het donker tenminste te vinden. Hetzelfde geldt voor de hoofdschakeling als die in een doos wordt ingebouwd. Deze verlichting is in het schema weggelaten. Op pen 2 wordt een RC-klokgenerator aangesloten, bestaande uit T4, T5 en G3. Deze klokgenerator levert pulsen aan de S 576.

Het MOS-IC S576 werkt digitaal. Een interne phase locked loop (PLL) schakeling synchroniseert de klok met het net. Op deze manier kan met elke klokpuls op pen 2 de fase-aansnijhoek van de triac een klein beetje worden vergroot. Er zijn in het totaal 84 van deze klokpulsen nodig voordat de lamp uit is.

Deze stappen zijn zo klein dat zij voor het oog niet merkbaar zijn. De frequentie van de klokpulsen kan met potentiometer P3 geregeld worden van ongeveer 10 tot 60 minuten. De tijdbepalende componenten zijn P3/R37 en condensator C26. Mocht u dit willen veranderen dan kunt u met de volgende formule de tijd berekenen:

$$T_{klok} = 1{,}79 \times (P3 + R37) \times C26$$

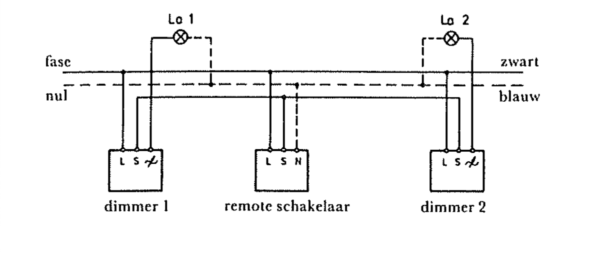
De poort G3 zorgt voor het in- en uitschakelen van de klokgenerator. De besturing van G3 komt van de door G1 en G2 gevormde flip-flop. Deze flip-flop wordt geset als door het sluiten van de drukknop 'T' de onderkant van R33 naar -15V wordt getrokken.

Nu komen de pulsen aan ingang 2 van de S 576 en zetten de dimmer op 'uit'. Als het licht via een remote sensor weer wordt ingeschakeld wordt via G4 de flip-flop gereset en de klokgenerator wordt uitgeschakeld. Opnieuw dimmen levert alleen maar extra resetpulsen voor de klokgenerator flip-flop en start geen nieuwe sluimerdimcyclus. Pas als de drukknop 'S1' wordt ingedrukt wordt de flip-flop weer

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

geset en begint een nieuwe sluimercyclus.

Doordat de belastbaarheid is begrensd op 400 W kan men in sommige ruimten voor problemen komen te staan.
Denk maar aan de huiskamer waar men tafellamp, zithoeklamp en schemerlampen moet regelen. Dit kan door meerdere hoofdposten (de dimmer-schakeling zelf) te bedienen vanaf dezelfde sensor(s). Een voorbeeld met twee dimmers en een remote sensor is schakeltechnisch weergegeven in figuur 4/14.37-7.



Figuur 4/14.37-7: Bediening van twee dimmers met hun eigen lamp via een remote sensor.

Bediening uitsluitend via de remote sensor

Om het vermogen van de lampen te splitsen kan men dimmers en remote sensor volgens het voorbeeld van figuur 4/14.37-7 schakelen. De sensor op de dimmer zelf is dan zo aangebracht dat hij niet kan worden bediend. De dimmer kan dan in een aftakdoos worden ondergebracht, of bij schemerlampen in de voet van de lamp zelf. Na het inschakelen van de netspanning hebben beide dimmers dezelfde uitgangstoestand en volgen de instelpulsen van de remote sensor of parallel geschakelde remote sensoren.

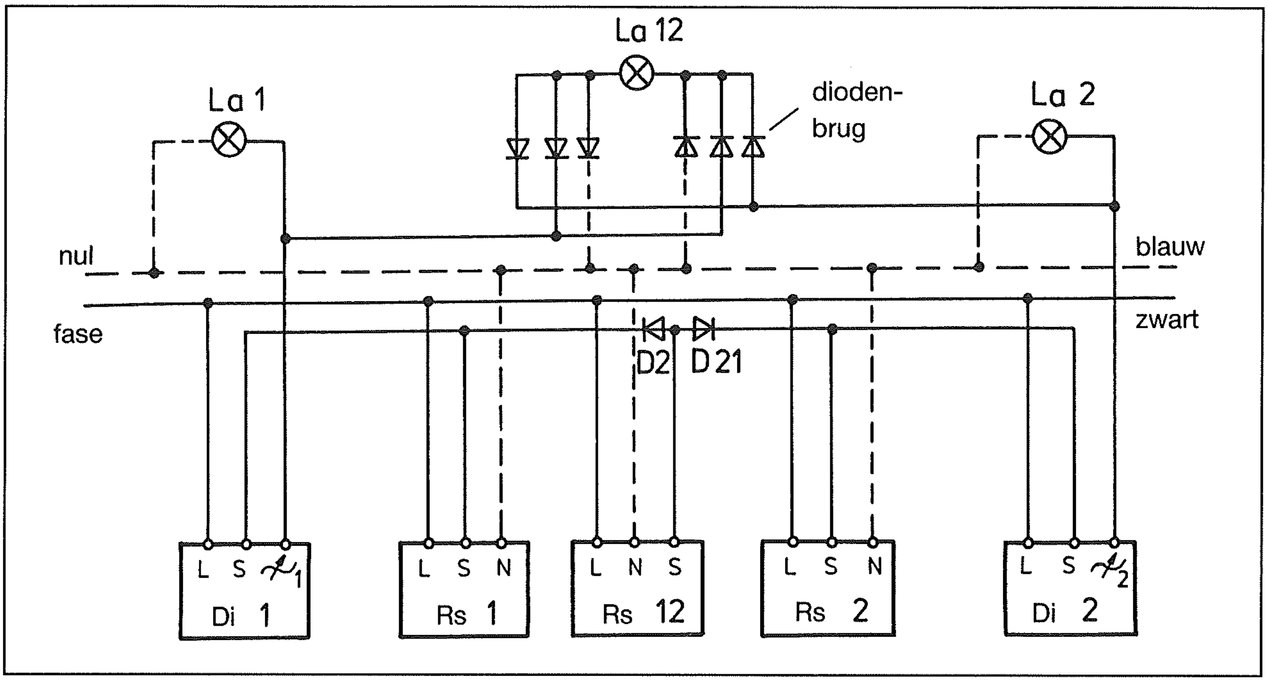
Bediening via zowel lokale als remote sensoren

De schakeling wordt weer aangesloten volgens figuur 4/14.37-7, nu worden de dimmers echter in de schakelaardoos gemonteerd of anderszins zodanig dat de lokale sensor ook kan worden bediend. We krijgen nu een bediening met de nodige effecten. Bij het inschakelen van de netspanning hebben beide dimmers dezelfde uitgangstoestand. Met de lokale sensor kan men nu de betreffende dimmer en dus de bijbehorende lamp op een gewenst niveau instellen. Gebruikt men nu de remote sensor dan is het goed mogelijk dat de ene lamp helderder wordt, terwijl de andere juist dimt. Dit is afhankelijk van de toestand waarin de dimmer middels de lokale sensor is ingesteld. Is de ene dimmer aan en de andere uit, dan schakelt de remote sensor de ene uit en de andere aan. Het uitschakelen van beide dimmers kan over de remote sensor, of men schakelt iedere dimmer over zijn eigen lokale sensor uit.

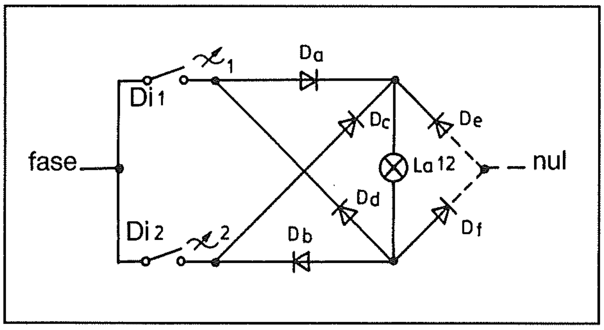
Laten we eens een ander probleem bekijken. Stel we hebben een gang met een hoek er in of een trappenhuis met twee etages. Aan het einde van elke gang is een lamp gemonteerd en een derde lamp is aangebracht precies in de hoek. Nu moet bij het doorlopen van de gang de verlichting zo zijn te schakelen dat eerst de lamp aan het einde van de ene gang aan is samen met de lamp in de hoek en dan de lamp aan het einde van de andere gang met de lamp in de hoek.

De oplossing van dit probleem is schakeltechnisch terug te vinden in figuur 4/14.37-8. Lamp 1 (La1), dimmer 1 (Di1) en remote sensor 1 (Rs1) bevinden zich aan het einde van de ene helft van de

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

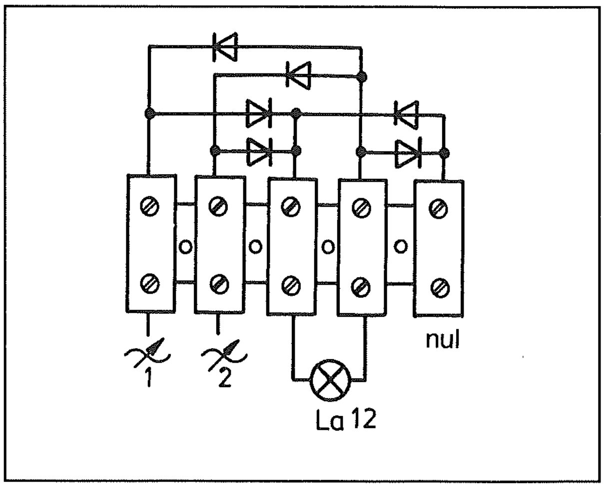


Figuur 4/14.37-8: Verlichting van een gang met een hoek of een trappenhuis voor 2 etages.



Figuur 4/14.37-9: Principe van de lampschakeling via over de diodenbrug, La wordt gevoed met pulserende gelijkspanning.

Basis van dit trukje is de diodebrug, waarvan de werking in detail wordt verduidelijkt in figuur 4/14.37-9. De dimmers zijn hier gemakshalve als schakelaars (Di1 en Di2) weergegeven. Als Di1 aan is volgt de stroom bij de positieve helft van de sinus de weg Da, La, Df. Bij de negatieve helft



Figuur 4/14.37-10: 'Dioden-brug' met 6 diodes en een rij kroonsteentjes (5).

gang. Aan het eind van de andere helft vinden we La2, Di2 en Rs2. La12 en Rs12 bevinden zich in de hoek van de gang. Met Di1 en Rs1 kunnen alleen La1 en La12 worden aan- en uitgeschakeld. Rs12 schakelt de verlichting om van La1 naar-La12, waarbij La12 aanblijft.

Laten we eens analyseren hoe dit werkt.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

van de sinus is dit De, La, Dd. Als Di2 is ingeschakeld, is dit voor de positieve helft Dc, La, Df en voor de negatieve helft De, La, Db. Als zowel Di1 en Di2 aan zijn worden beide wegen doorlopen. Men bereikt op deze wijze een volledige ontkoppeling van de beide dimmers. Als beide dimmers niet dezelfde fase aansnijding hebben, dan zal de kleinste fase aansnijding bepalend zijn voor de helderheid van de lamp.
Het maken van een dergelijke diodenbrug is uiterst eenvoudig. Zes diodes van het type 1 N 4007 worden aan een zijde op de in figuur 4/14.37-10 getoonde wijze in kroonsteentjes bevestigd. Eventueel kunt u de diode verbindingen solderen. Aan de andere zijde van de kroonsteentjes worden de aansluitdraden bevestigd. Het geheel kan eenvoudig in een aftakdoos worden ondergebracht. Het feit dat de gloeilamp nu met pulserende gelijkspanning in plaats van wisselspanning werkt is noch voor de gloeilamp, noch voor het menselijk oog een probleem. Ook D2 en D21 moeten ergens in de leiding worden opgenomen. Ook hiervoor is wel een plaatsje te vinden in de doos waarin de remote sensor is gemonteerd.

Deze diodes ontkoppelen Rs1 van Rs2 terwijl Rs12, omdat deze tussen beide diodes is aangesloten, op zowel Di1 als Di2 werkt. In de stuurdraden loopt een pulserende gelijkstroom. Mocht een dimfunctie niet van belang zijn, dan kunt u de S 576 B vervangen door een S 576 D.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W (tenzij extra vermeld)

R1,R24,R28	=	1 kΩ (1W)
R2, R29	=	1,5 MΩ
R3	=	10 kΩ
R4	=	120 Ω
R5	=	220 kΩ
R6,R31,R36, R37	=	470 kΩ
R7	=	0,5 → 4,7 MΩ
R8,R9,R10, R11,R16	=	4,7 MΩ
R17,R32, R33,R34, R35	=	4,7 MΩ
R12, R13	=	3,3 MΩ
R14,R26, R27,R38	=	1 MΩ
R15	=	820 Ω
R18,R19, R20,R21	=	100 kΩ
R22, R23, R25	=	100 kΩ
R30	=	120 kΩ
R39	=	27 kΩ
R40, R41	=	680 kΩ
R42	=	2,2 MΩ

Instelpotentiometers, log

P1	=	10 MΩ
P2	=	1 MΩ
P3	=	2,2 MΩ

Condensatoren

C1, C19	=	150 nF, 220 V folie
C2, C20	=	200 nF, 220 V folie
C3	=	470 μF, 40 V elco
C4, C5, C23	=	47 nF, 63 V folie
Cs, Cc	=	zie tekst, leiding-afhankelijk
C7, C10, C11, C13	=	10 nF, 63 V folie
C8,C17,C18	=	220 nF, 63 V folie

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

C14, C16	=	10 nF, 63 V folie
C9, C24	=	1 nF 63 V folie
C12	=	4700 μF, 40 V elco
C15, C26	=	10 μF, 40 V elco
C21	=	47 μF, 16 V elco
C22	=	470 pF, ceramisch
C25	=	220 pF, ceramisch

Halfgeleiders

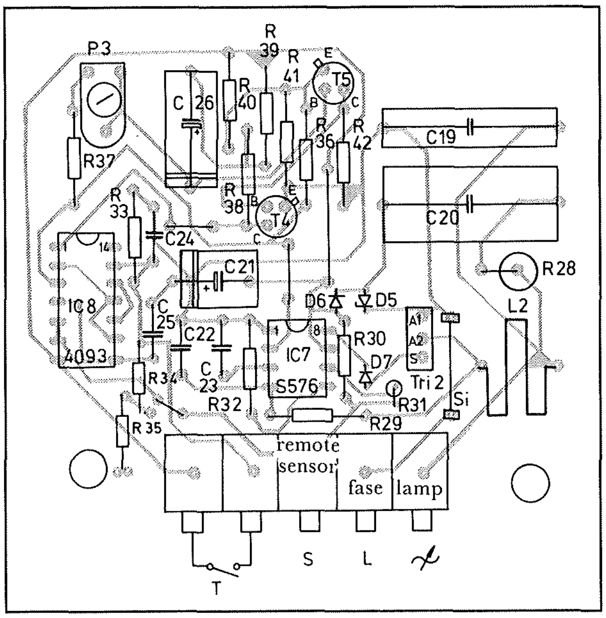
D1	=	15 V zenerdiode, 400 mW
D2, D6, D7	=	BAY 61
D3	=	6,8 V zenerdiode, 400 mW
D4	=	1 N 4148
D5	=	15 V zenerdiode, 400 mW
Tri1, Tri2	=	triac, bijvoorbeeld TXD10 H60
T1	=	BC 238
T2, T3, T4	=	BC 308
T5	=	BC 237 B

Geïntegreerde schakelingen

IC1	=	S 556 B dimmer-IC
IC2	=	ICT 6 optische koppelaar, of equivalent
IC3, IC5	=	40106 hex Schmitt-trigger
IC4	=	556 timer
IC6, IC8	=	4093 B quad NAND Schmitt-trigger
IC7	=	S 576 dimer-IC

Diversen

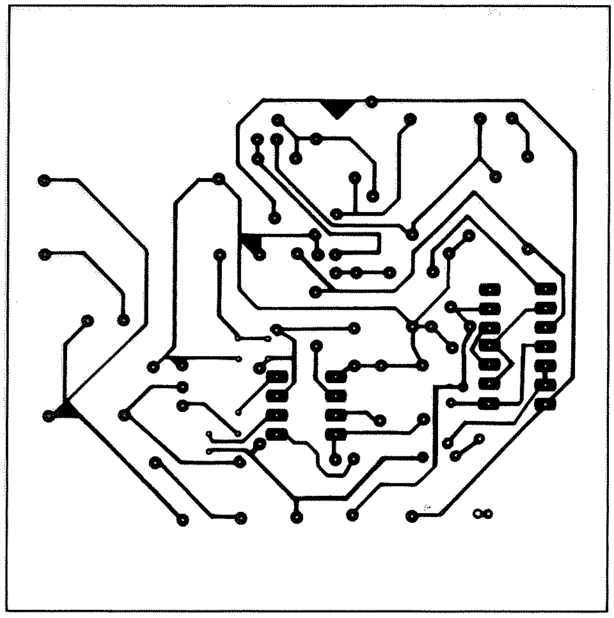
L1, L2	=	SFT 1240, 40 μH/5 A ontstoorspoel
- - -	=	sensors



Figuur 4/14.37-12: Onderdelen plattegrond van de sensordimmer met sluimerschakeling.

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren

14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren



Figuur 4/14.37-13: Print-layout van de sensordimmer met sluimerschakeling (soldeerzijde).

4/14.39

Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

Inleiding

Met de in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan men maximaal acht netbelastingen met behulp van een handbediende infrarode afstandsbediening draadloos in- en uitschakelen. Dat kunnen gloeilampen zijn, maar ook TV's, radio's, koffiezetapparaten, garagedeur openers, kortom alle belastingen die uit het 230 V net gevoed worden. De reikwijdte van het systeem bedraagt, dank zij het toegepaste principe van bi-fase pulscode modulatie, 15 meter. Daarbij wordt een zeer hoge mate van storingsongevoeligheid gegarandeerd. Het systeem is zo gevoelig dat in een normale huiskamer de ontvangers ook reageren op het via de muren of het plafond teruggekaatste licht van de zender. Het is dus niet noodzakelijk de zender precies te richten op een ontvanger.

Meer dan acht kanalen mogelijk

Het unieke van de besproken schakeling is dat het zonder enig probleem mogelijk is meer dan acht kanalen te gebruiken. Voorwaarde is dan echter wel dat men per acht ontvangers één eigen zender gebruikt. De speciale zend- en ontvanger-IC's kunnen namelijk geprogrammeerd worden op één uit acht mogelijke adressen. De ontvangers reageren alleen op het zendersignaal dat wordt uitgezonden door "hun" zender, dus door de zender die staat ingesteld op hetzelfde adres.

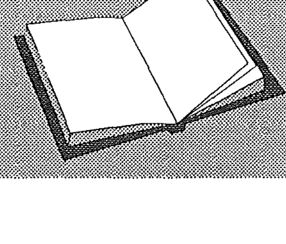
Eigenschappen van het systeem

In het kort een overzicht van de eigenschappen van het voorgestelde systeem.

- Storingsongevoeligheid
  Door gebruik te maken van pulscode modulatie in het bi-fase formaat wordt een zeer hoge mate van storingsongevoeligheid gegarandeerd. Onderzoeken in het Siemens-laboratorium, alsmede in het ELV-lab, hebben aangetoond dat het systeem noch gevoelig is voor stoorsignalen, zoals van TL-balken, noch gevoelig is voor andere infrarode zenders, die volgens hetzelfde principe werken maar een andere frequentie dan wel modulatie toepassen.
- Universele toepassing
  De zender kan acht volledig van elkaar onafhankelijke ontvangers bedienen. Iedere ontvanger kan met één drukknop gestuurd worden met de volgorde AAN-UIT-AAN-ETC, maar het is ook

LEES OOK:

Hoofdstuk 4/14.27
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 5/10.1
Hoofdstuk 5/10.4



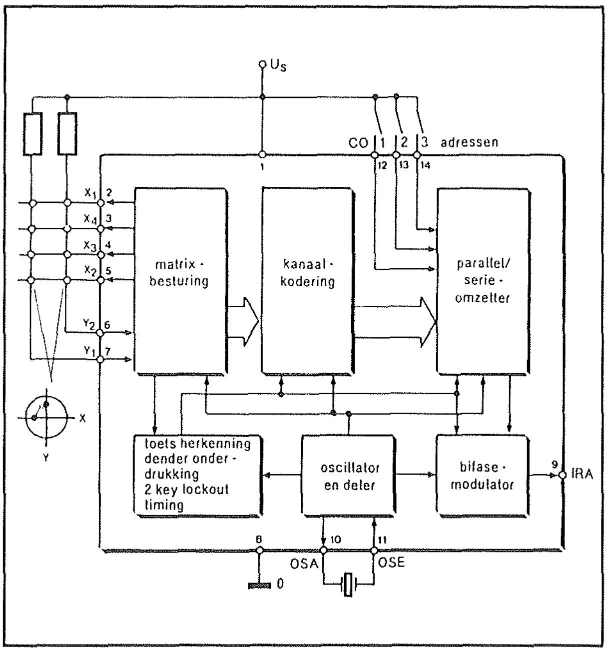
mogelijk slecht vier ontvangers te sturen, waarbij iedere ontvanger met afzonderlijke AAN- en UIT-toetsen wordt gestuurd. Het is bovendien mogelijk beide systemen te combineren.

- Uitbreidbaarheid
  Voor systemen waar het draadloze karakter geen vereiste is, kan men een drie-aderige bus monteren. De zenders en de ontvangers kunnen door middel van deze bus met elkaar verbonden worden, waardoor het systeem is uit te breiden tot in totaal 8 zenders, die in totaal 64 ontvangers kunnen sturen. Op deze manier kan men alle functies van het gehele huis volledig besturen.
- Zuinige werking
  Door gebruik te maken van een speciaal IC verbruikt de zenderschakeling extreem weinig stroom, zodat gevoed kan worden met normale 9 V batterijen.
- Veiligheid
  De afmetingen van de printen van de ontvangers laten toe het ontvangstgedeelte onder te brengen in een standaard netstekerbehuizing.
- Universeel toepasbaar
  Iedere ontvanger kan een vermogen tot ongeveer 1 kW schakelen, waarbij ook inductieve belastingen zoals motoren zonder problemen verwerkt kunnen worden.
- De zend- en ontvangst-IC's
  Het systeem werkt met een infrarode IC-combinatie van Siemens, waarbij de zender gevormd wordt door de SLB3801 en de ontvanger door de SLB3802.

Het zend-IC, de SLB3801

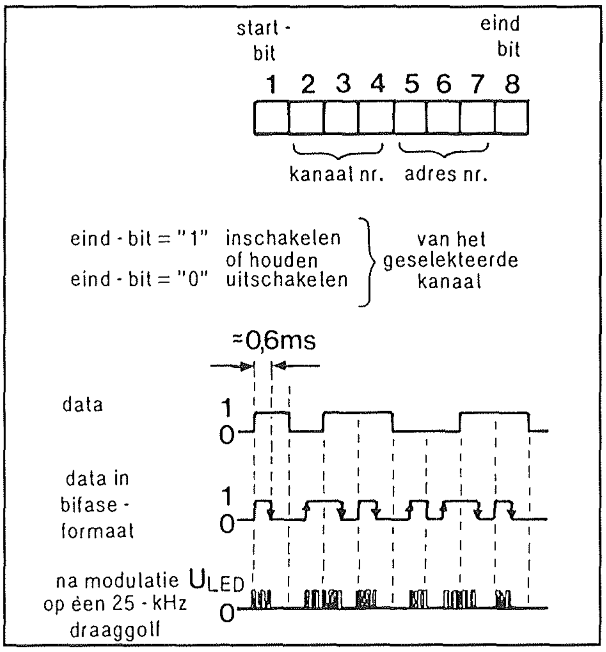
Het intern blokschema van het zend-IC is getekend in 4/14.39-1. De bedieningstoetsen zijn in een 2 x 4 matrix opgenomen. Door het indrukken van een toets ontwaakt de schakeling uit zijn stand-by modus en gaat de matrix afscannen tot de ingedrukte toets herkend wordt. Vervolgens wordt ongeveer 20 ms gewacht op nadere actie, waardoor een zeer effectieve onderdrukking van contactdender ontstaat. Als nadien duidelijk is dat er inderdaad een toets werd ingedrukt, wordt de toets gecodeerd door het uitzenden van een drie bit brede seriële kanaalcode. Deze seriële kanaalcode wordt aangevuld met een hoog startbit, een hoog eindbit en drie adresbits. Dank zij deze drie adresbits is het mogelijk acht zenders in één systeem te gebruiken. Iedere zender wordt dan herkend aan zijn specifieke adrescode. Het adres van het zend-IC kan ingesteld worden door de pennen 12, 13 en 14 met de voeding te verbinden.

Alle ingangen van het IC zijn intern door middel van weerstanden van ongeveer 20 MΩ met de massa verbonden.



Figuur 4/14.39-1: Het intern blokschema van het zender-IC, de SLB3801 van Siemens.

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

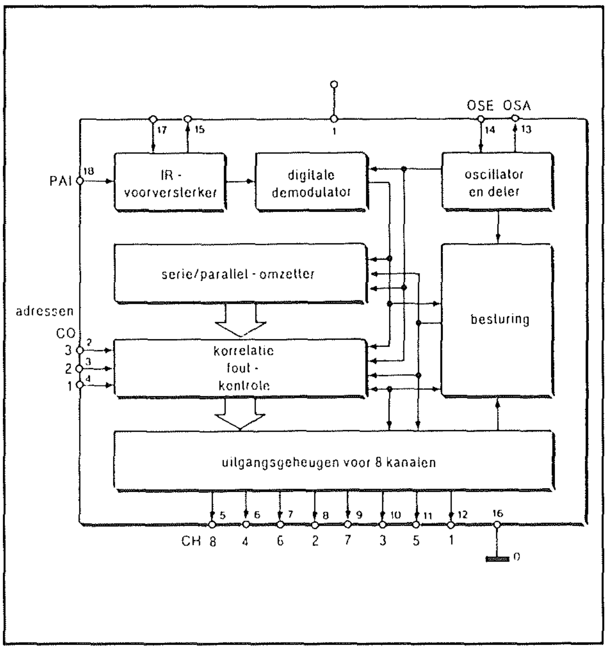


Figuur 4/14.39-2: De manier waarop de zenderinformatie wordt verzonden.

Het woord, dat in totaal dus uit acht bits bestaat, wordt in bi-fase modulatie uitgezonden op het ritme van een klokfrequentie van 800 Hz. Het formaat is getekend in figuur 4/14.39-2. De bits wordt eerst in bi-fase gemoduleerd. Een "H" wordt omgezet in een "H"-naar-"L"-overgang, in het midden van de periode. Een "L" ondergaat een soortgelijk lot en wordt omgezet in een "L"-naar-"H"-overgang in het midden van de periode. Nadien wordt dit signaal gebruikt om een draaggolf van 25 kHz met een modulatiediepte van 100 % te moduleren. Gedurende de "H"-fase van het bi-fase signaal worden de 25 kHz pulsjes uitgezonden, gedurende de "L"-fase van het bi-fase signaal wordt er niets uitgezonden. Het 25 kHz signaal wordt vervolgens aan een infrarode zender aangeboden.
Zolang de toets blijft ingedrukt, zendt het zend-IC het woord van acht bit om de 20 ms uit. Wordt de toets weer losgelaten, dan zendt het IC de code nog één keer uit, maar nu met een laag eindbit. Ongeveer 50 ms nadien gaat de zender weer naar de stand-by modus, waardoor het stroomverbruik drastisch daalt.

Het ontvangst-IC, de SLB3802

Het intern blokschema van de ontvanger, de SLB3802, is getekend in figuur 4/14.39-3. Het ingangssignaal, afkomstig van een fotodetector met versterker, wordt in eerste instantie aan een voorversterker aangeboden. Deze versterker is uitgerust met een automatische versterkingsregeling, zodat de versterkingsfactor van de trap wordt aangepast aan de grootte van het ingangssignaal.

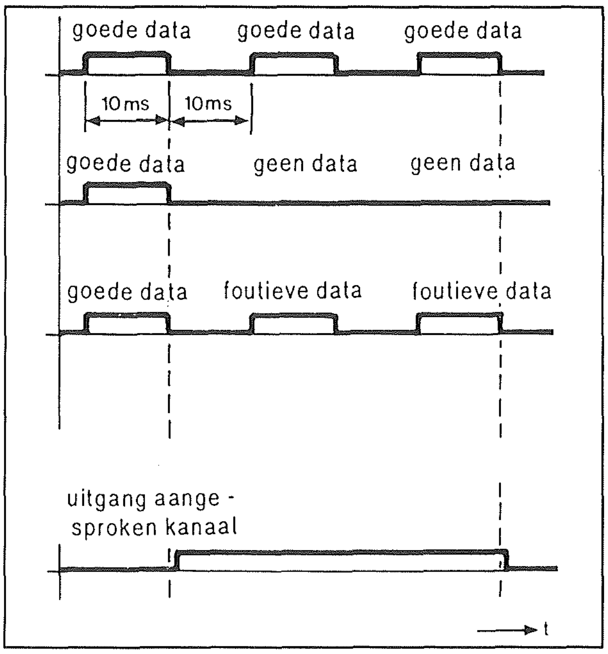


Figuur 4/14.39-3: Het blokschema van het ontvanger-IC, de SLB3802.

Nadien wordt het signaal aangeboden aan een digitale demodulator, waar de draaggolf van 25 kHz wordt verwijderd en het signaal weer wordt omgezet in een bi-fase gemoduleerd signaal. Dit signaal gaat naar de besturing, waar het kloksignaal er voor zorgt dat het bi-fase signaal wordt

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

omgezet in een normale volgorde van enen en nullen. Dit serieel woord wordt in de serie-naar-parallel omzetter omgezet in parallelle gegevens. De samenstelling van deze code wordt geëvalueerd in de foutcontrole. Hier wordt bekeken of het ontvangen woord voldoet aan het protocol. Bovendien wordt de ontvangen adrescode vergeleken met het adres dat op de pennen 1, 2 en 3 werd ingesteld. Als de ontvangen code voldoet aan alle voorwaarden, wordt de code doorgekoppeld naar het achtkanaals uitgangsgeheugen. De uitgang, die overeen komt met het ontvangen kanaalnummer wordt "H" gemaakt. Vanwege de geheugenfunctie van de uitgangstrappen blijft een eenmaal "H" gemaakte uitgang in deze situatie, ook nadat de code weer is weggevallen. De enige methode om een hoge uitgang weer "L" te maken is een identieke code te versturen, maar dan met een laag eindbit.



Figuur 4/14.39-4: De reactie van de uitgang van een ontvanger op de zendercode.

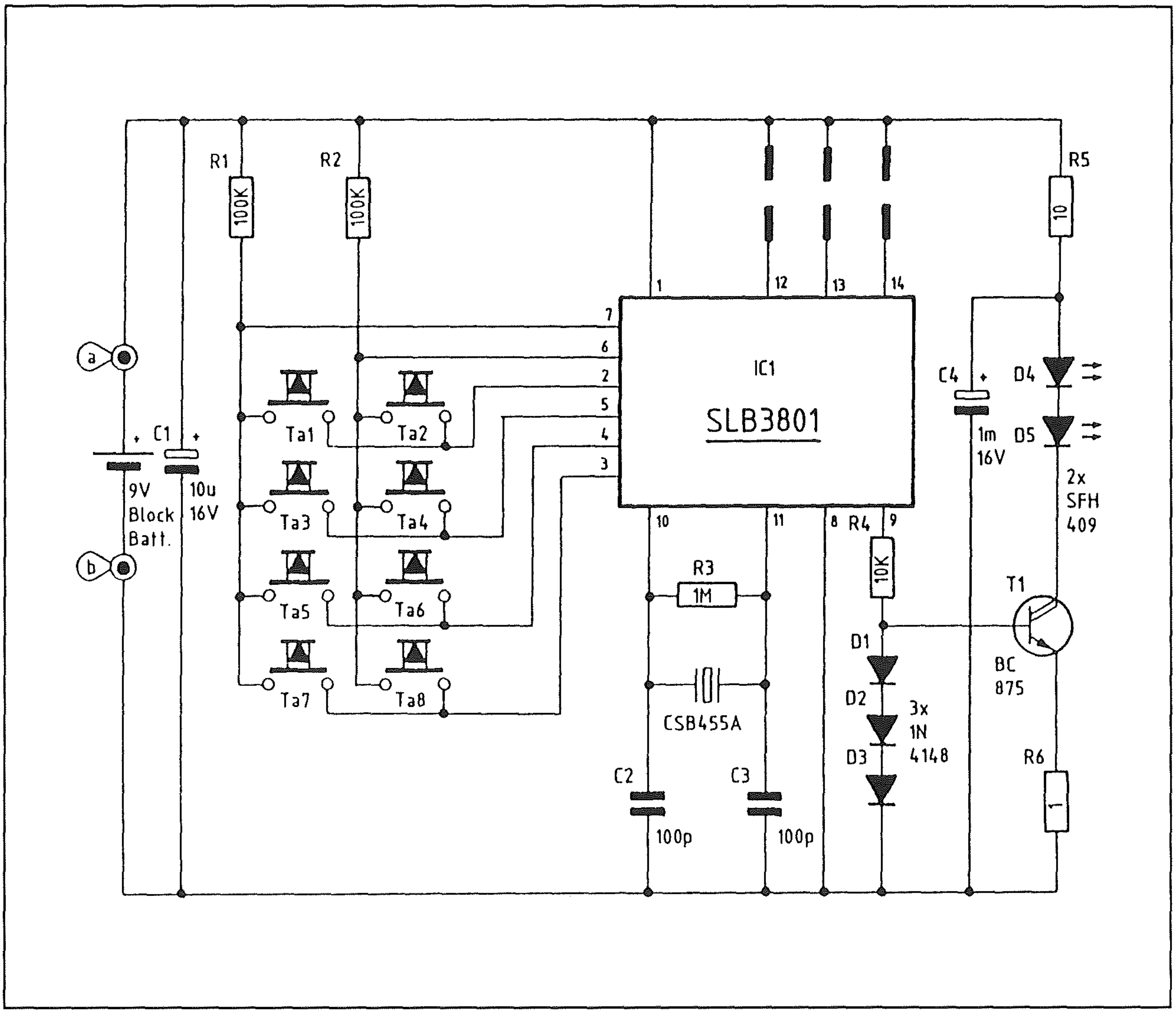
De uitgang zal echter ook "L" worden als twee opeenvolgende foute woorden worden ontvangen of als er gedurende twee cyclussen van de zender geen data wordt ontvangen.

De reactie van de geselecteerde kanaaluitgang van de ontvanger op de ontvangen zendcode is getekend in figuur 4/14.39-4. Hieruit blijkt dat de beschreven geheugenfunctie van de uitgangstrap met een korreltje zout moet worden genomen. Om een eenmaal ingeschakelde ontvanger in die toestand te houden zal toch gebruik gemaakt moeten worden van een extern geheugen onder de vorm van een flip-flop.

Het schema van de zender

Het volledig uitgewerkt schema van de zender is getekend in figuur 4/14.39-5. Over de batterij van 9 V staat de elco C1 die dient om de batterijspanning te bufferen. Op deze manier zal de zender toch nog blijven werken, ook als de inwendige weerstand van de batterij door veroudering vrij hoog is geworden. De drukknoppen worden door middel van weerstanden van 100 kΩ naar de voeding op de matrix-ingangen van het IC aangesloten. De drie adresseerpennen 12, 13 en 14 worden met soldeerbruggetjes al dan niet verbonden met de voeding. Op deze manier kan men eenmalig, tijdens de bouw van de schakeling, het gewenste adres instellen. Uiteraard werkt de SLB3801 met een oscillator. Deze wordt aangesloten tussen de pennen 10 en 11 en bestaat uit een goedkope standaard ceramische resonator met een frequentie van 455 kHz. Het codesignaal gaat via de uitgang op pen 9 en een weerstand naar de basis van de darlington T1. Deze stuurt rechtstreeks twee infrarode LED's D4 en D5 in zijn collector.

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen



Figuur 4/14.39-5: Het volledig schema van de zender.

Omdat deze LED's flinke stroompulsen uit de voeding opnemen, wordt de voedingsspanning nog eens extra gebufferd door middel van de grote condensator C4. Deze dient als spanningsreservoir, dat in staat is de korte, grote stroompulsen aan de LED's te leveren. De weerstand R5 zorgt voor de noodzakelijke stroombegrenzing. De gehele schakeling verbruikt in de stand-by mode slechts ongeveer 1 µA, zodat batterijvoeding inderdaad mogelijk is.

Onderdelenlijst zender

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1,R2	=	100	kΩ
R3	=	1	MΩ
R4	=	10	kΩ
R5	=	10	Ω
R6	=	1	Ω

Condensatoren:

C1	=	10	µF	16 V elco
C2,C3	=	100	pF	ceramisch

C4 = 1.000 µF 16 V elco

Halfgeleiders:

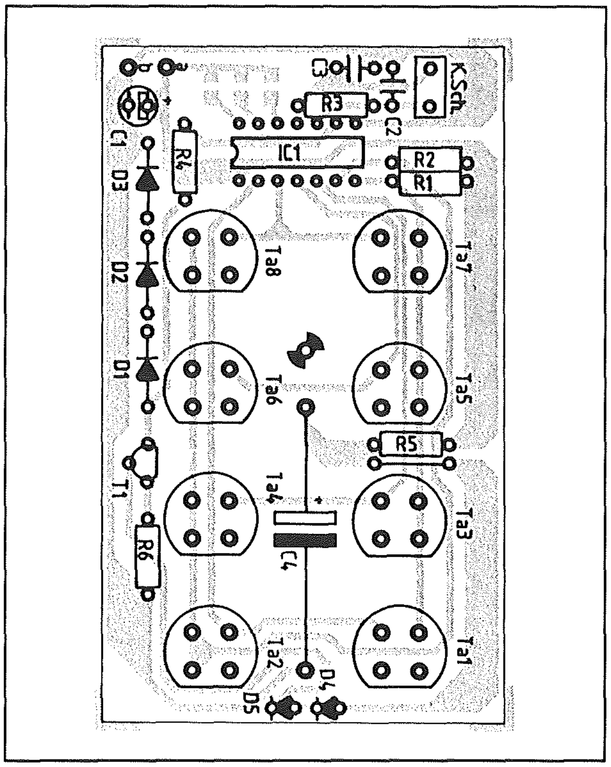
D1,D2,D3	=	1N4148
D4,D5	=	SFH409
T1	=	BC875
IC1	=	SLB3801

Diversen:
1 x ceramische resonator 455 kHz
8 x printdrukknop
1 x 9 V batterijclip
34 x printsoldeerpennen

De bouw van de zender

De zenderschakeling kan ondergebracht worden op de print van figuur 4/14.39-6, op de transparante printpagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.39-7. Op de drukschakelaars na kan men alle onderdelen op de normale manier op de print monteren en vast solderen. Om de drukknoppen van de schakelaars op de juiste hoogte boven de print te laten uitsteken is het noodzakelijk de schakelaars niet *in* de print, maar *op* de print te monteren. Het is noodzakelijk alle 4 x 8 soldeergaatjes te voorzien van printpennetjes. Nadien worden de contacten van de schakelaars *op* deze pennetjes vast gesoldeerd. Uiteraard moeten de twee infrarode LED's haaks gemonteerd worden, zodat de LED-lichamen evenwijdig lopen aan het printoppervlak. De kathode van de LED's is de aansluitdraad, die aan de afgeplatte kant van de behuizing zit.

Nadat de schakeling volledig afgebouwd is, moet men het adres instellen. Op de print zijn, in de buurt van het IC, drie soldeerbruggetjes aangebracht. Deze zijn open, waardoor de zender het eerste van de acht beschikbare adressen krijgt. Als men slechts één zender bouwt kan men deze drie bruggetjes open laten. Natuurlijk moet men dan ook de soortgelijke soldeerbruggetjes op alle ontvangerprinten open laten. Gebruikt men meer zenders, dan moet men door middel van het dicht solderen van een of meerdere bruggetjes een ander adres instellen.



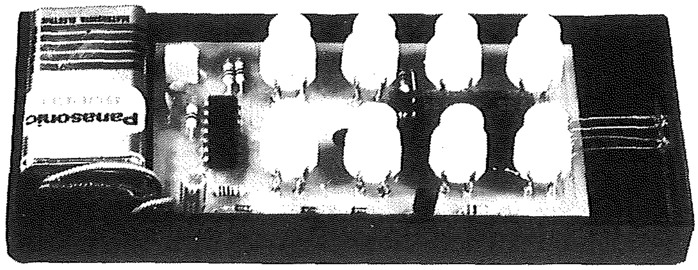
Figuur 4/14.39-7: De componentenopstelling van de zender.

De print moet, samen met een platte 9 V batterij, precies in een kunststof kastje passen, zie figuur 4/14.39-8. In de zijkant van het kastje worden twee kleine gaatjes geboord, waardoor men de twee infrarode LED's de buitenwereld laat aanschouwen.

Het schema van de zender

De zender bestaat in feite uit vijf grote groepen:
- een infrarode voorversterker;
- het ontvanger-IC van Siemens;

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen



Figuur 4/14.39-8: De montage van de zenderprint en de batterij in een klein, plat kunststof kastje. Let op de manier waarop de LED's zijn aangebracht!

- een eindtrap met geheugen;
- de besturing van de belasting;
- de voeding.

Deze groepen kunnen gemakkelijk herkend worden in het totale schema van figuur 4/14.39-9.

Als detectie-element wordt een speciale infrarood gevoelige fotodiode D6 gebruikt. Deze BP104 is voorzien van een infrarood doorlatend filter, zodat licht met een andere golflengte al behoorlijk wordt onderdrukt. De diode is in serie opgenomen met een afgestemde kring L1/C5. Deze wordt door het verdraaien van de spoelkern afgeregeld op 25 kHz, de zendfrequentie. De dempingsweerstand R7 zorgt voor een verbreding van de bandbreedte van de kring, zodat de afregeling niet al te kritisch is. Het over de kring staande zendersigaal wordt via de emittervolger T2 doorgekoppeld naar IC2, een Siemens-IC dat speciaal ontworpen is voor het versterken van zeer kleine signalen die door een infrarode detector zijn opgevangen.

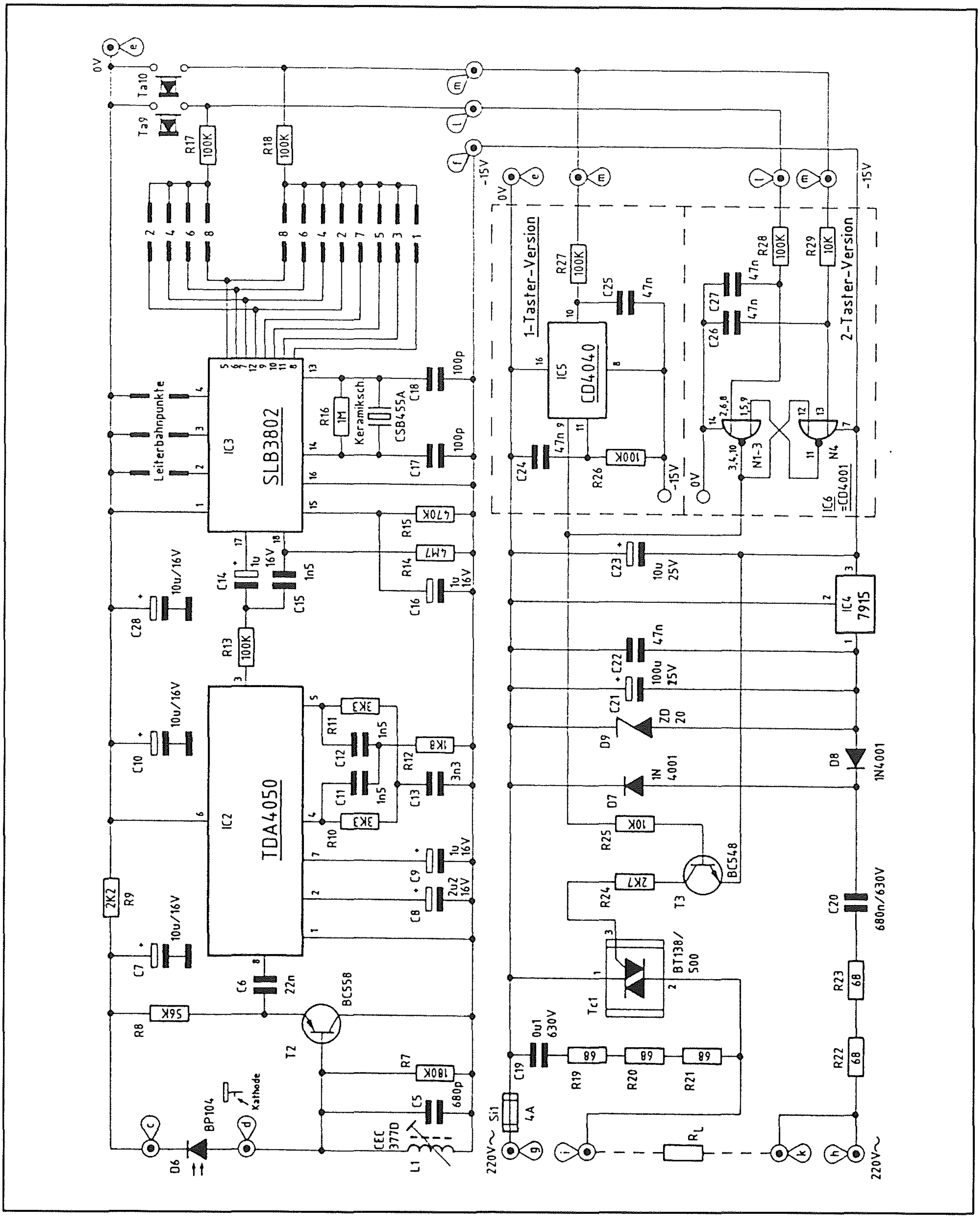
Het intern blokschema van dit IC is getekend in figuur 4/14.39-10.

De TDA4050 wordt gekenmerkt door de onderstaande eigenschappen:

- geregelde voorversterker, met automatische winning van de regelspanning;
- hoofdversterker die is voorbereid voor het aansluiten van afgestemde RC-netwerken;
- ingebouwde detector met Schmitt-trigger uitgang;
- minimaal aantal externe componenten.

Het diodesignaal wordt via de condensator C6 toegevoerd aan de ingang van de versterker. De condensator tussen pen 2 en de massa wordt gebruikt voor het opbergen van de regelspanning voor de automatische versterkingsregeling. Tussen de massa en de pennen 4 en 5 wordt een dubbel T-netwerk aangesloten dat uiteraard is afgestemd op de zenderfrequentie van 25 kHz. De TDA4050 levert op pen 3 een mooi digitaal signaal af. Dit signaal gaat naar IC3, het ontvanger-IC. Ook hier wordt de klokfrequentie verzorgt door een ceramische resonator van 455 kHz. Men moet er op letten dat de frequentie-afwijking tussen zender en ontvanger(s) niet meer dan 5 % bedraagt. Als men resonatoren van het type CSB455A gebruikt, zal dit geen probleem zijn, omdat de tolerantie van deze onderdelen binnen deze marge valt. Bij gebruik van andere resonatoren kan een te grote onderlinge tolerantie er de oorzaak van zijn dat een van de gebouwde ontvangers niet goed wil werken.

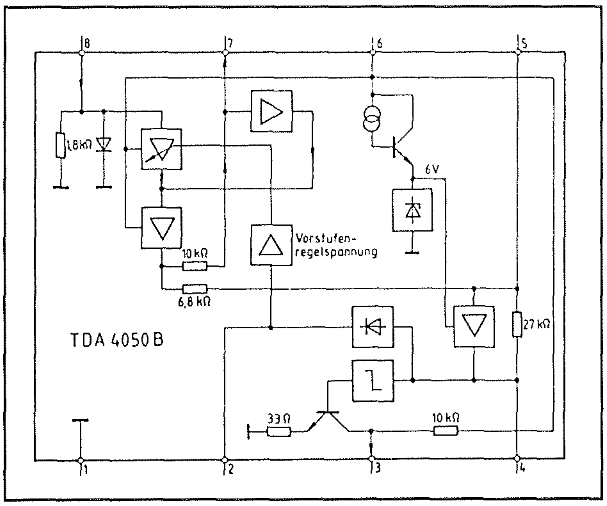
14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen



Figuur 4/14.39-9: Het volledig schema van een ontvanger.

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

Men doet er dus verstandig aan met een digitale frequentiemeter de frequenties te controleren.
De pennen 2, 3 en 4 kunnen, net zoals beschreven bij de zender, door middel van soldeerbruggetjes verbonden worden met de voeding. Op deze manier kan men de adrescode instellen. De acht uitgangen van de SLB3802 gaan ook naar soldeerbruggetjes. Met de acht onderste bruggetjes kan men het kanaalnummer van de ontvanger instellen, zodat ontvanger "1" ook reageert als men de zender drukknop "1" bedient. Vier uitgangen, namelijk "2", "4", "6" en "8", gaan naar een tweede reeks soldeerbruggetjes. Dit is noodzakelijk als men het systeem ontwerpt voor tweeknops bediening. Een kanaal zorgt dan voor het inschakelen van de belasting, het andere kanaal voor het uitschakelen ervan. De een of twee kanaaluitgangen van de ontvanger gaan via de weerstanden R17 en R18 naar de besturing van het geheugen. Hierbij heeft men twee mogelijkheden, die gestippeld in het schema getekend zijn en waarvan men er slechts één mag toepassen.



Figuur 4/14.39-10: Het intern blokschema van de TDA4050.

Een-knops bediening
Bij een-knops bediening moet het schema rond de CD4040 worden toegepast. Dit is een deler, die bestaat uit 12 trappen. Hiervan wordt echter slechts de eerste trap gebruikt. Het grote voordeel van dit IC is echter dat de clock-ingang op pen 10 is voorzien van een Schmitt-trigger werking, zodat de steilheid van de pulsen er niet toe doet. De ingangspulsen komen ofwel van de uitgang van de SLB3802, via een van de soldeerbruggetjes, ofwel van de drukknop Ta10. Dank zij deze drukknop kan men de ontvanger ook met de hand in- en uitschakelen. Het netwerkje R27/C25 zorgt voor een effectieve onderdrukking van de contactdender. De flip-flop in IC5 schakelt bij iedere negatieve flank van de ingangspuls om. De uitgang op pen 9 gaat dus afwisselend naar "H", "L", etc. Pen 11 is de RESET-ingang. Het netwerkje C24/R26 zorgt ervoor dat de flip-flop steeds in de "L"-toestand komt als de ontvanger met het net wordt verbonden. Dit is een belangrijke, noodzakelijke voorziening. Stel bijvoorbeeld dat men in een woonkamer acht lichtpunten door middel van dergelijke ontvangers stuurt. Stel dat opeens een zekering in de meterkast het begeeft. Als men dan de netspanning weer inschakelt door het vervangen van de zekering mag het uiteraard niet gebeuren dat sommige ontvangers naar de "AAN"-stand schakelen en lampen aangaan! De twee genoemde simpele onderdeeltjes voorkomen een dergelijke situatie. De uitgang op pen 9 stuurt via de transistor T3 de gate van de triac Tc1. Deze triac staat in serie met de belasting over het 230 V net geschakeld.

Twee-knops bediening
Als men de ontvanger wil bedienen met afzonderlijke AAN- en UIT-knoppen

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

moet men het schema rond de CD4001 op de print bouwen. Twee poorten van dit IC zijn geschakeld als SET/RESET flipflop. De SET en de RESET worden ofwel gestuurd uit twee kanaaluitgangen van de SLB3802 (waarbij het natuurlijk noodzakelijk is twee soldeerbruggetjes op de print aan te brengen) ofwel door de twee drukknoppen Ta9 en Ta10. Ook nu worden de ingangen van de flip-flop via RC-netwerkjes gestuurd, ter onderdrukking van contactdender. De uitgang van de bovenste poort (er worden overigens drie poorten parallel geschakeld om de leverbare uitgangsstroom te vergroten) stuurt op de reeds beschreven manier via de transistor T3 de gate van de triac. De twee RC-netwerkjes aan de ingangen hebben geen identieke tijdconstanten. Op deze manier wordt bereikt dat ook deze flipflop bij het met de spanning verbinden van de schakeling in de "L"-toestand terecht komt.

De voeding voor de ontvanger

De schakeling van de ontvanger wordt rechtstreeks uit het net gevoed. Dit spaart een trafo uit, die niet in de gewenste behuizing zou passen. De noodzakelijke spanningsreductie van 230 V naar ongeveer 20 V wordt uitgevoerd door de twee weerstanden R22 en R23 en de condensator C20. De resterende wisselspanning wordt enkelvoudig gelijkgericht met behulp van de diode D7. Nadien wordt uit deze gelijkgerichte spanning door middel van een zenerstabilisatie rond D9 een spanning van ongeveer 20 V afgeleid. De spanning wordt afgevlakt met de condensator C21. Nadien volgt een tweede stabilisatie met een geïntegreerde spanningsregelaar IC4. De uitgangsspanning van deze schakeling wordt nog eens ontkoppeld met behulp van de condensator C23.

De uitgangstrap

De uitgangstrap bestaat uit de serieschakeling van de zekering Si1, de triac Tc1 en de belasting R_L. Over de triac is het gebruikelijke RC-netwerkje geschakeld dat ervoor zorgt dat de triac ook inductieve belastingen zonder problemen kan verwerken.

Onderdelenlijst ontvanger

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R7	=	180	kΩ
R8	=	56	kΩ
R9	=	2,2	kΩ
R10,R11	=	3,3	kΩ
R12	=	1,8	kΩ
R13,R17,R18	=	100	kΩ
R14	=	4,7	MΩ
R15	=	470	kΩ
R16	=	1	MΩ
R19-R23	=	68	Ω
R24	=	2,7	kΩ
R25,R29	=	10	kΩ
R26,R27,R28	=	100	kΩ

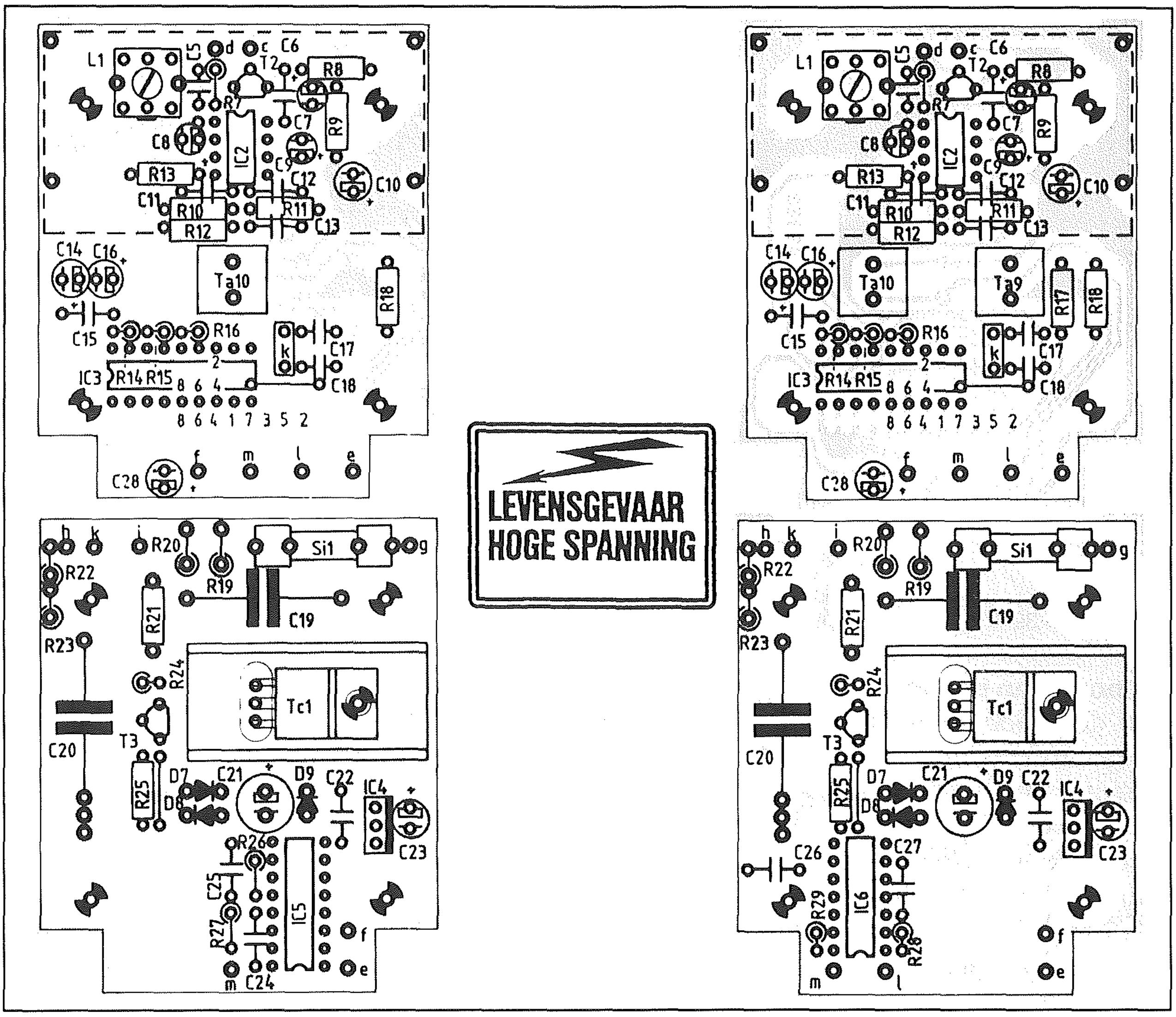
Condensatoren:

C5	=	680	pF	ceramisch
C6	=	22	nF	MKH
C7,C10,C28	=	10	µF	16 V elco
C8	=	2,2	µF	16 V elco
C9,C14,C16	=	1	µF	16 V elco
C11,C12,C15	=	1,5	nF	MKH
C13	=	3,3	nF	MKH
C17,C18	=	100	pF	ceramisch
C19	=	100	nF	630 V
C20	=	680	nF	630 V
C21	=	100	µF	25 V elco
C22,C24-C27	=	47	nF	MKH
C23	=	10	µF	25 V elco

Halfgeleiders:

D6	=	BP104 met IR-lens
D7,D8	=	1N4001

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

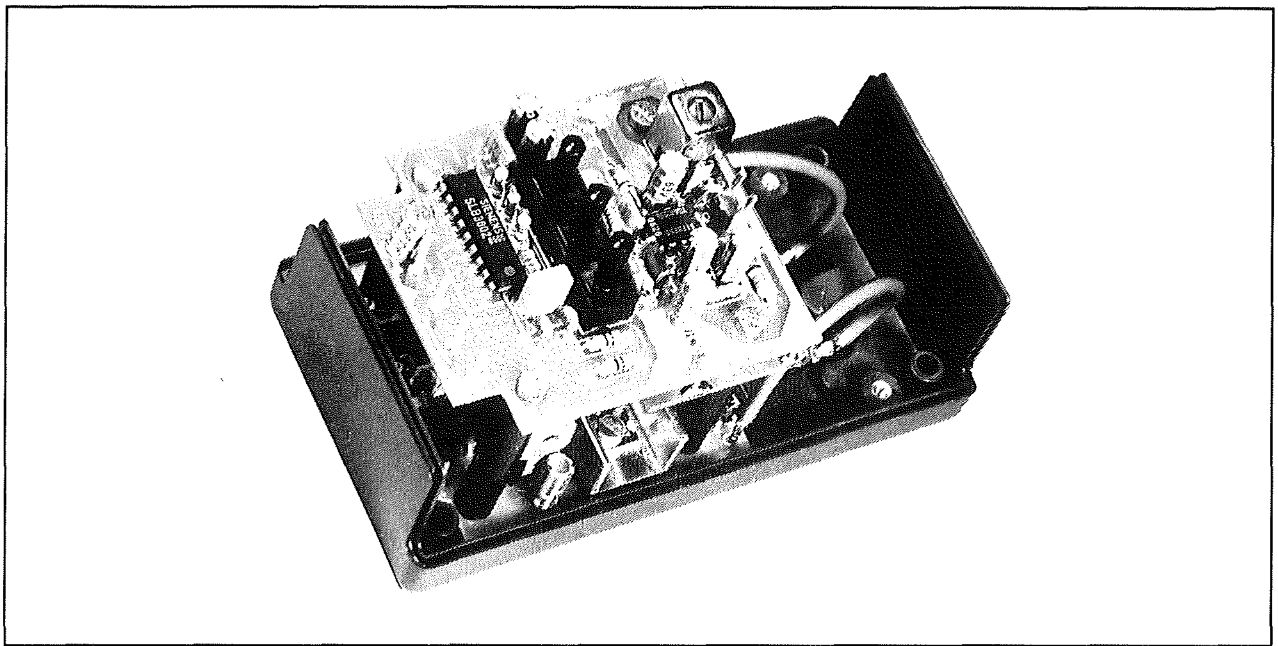


Figuur 4/14.39-12: De twee componentenopstellingen voor de ontvangerprinten: links voor een-knops bediening, recht voor twee-knops bediening.

D9	=	ZD20
Tc1	=	BT138/500
T2	=	BC558
T3	=	BC548
IC2	=	TDA4050
IC3	=	SLB3802
IC4	=	7915
IC5	=	CD4040
IC6	=	CD4001

Diversen:
1 x spoeltje CEC-D377S
2 x drukschakelaars, print
1 x ceramische resonator 455 kHz
1 x koelprofiel SK13
1 x M3x8 boutje
4 x M3x45 boutje
5 x M3 moertje
4 x 20 mm afstandsbus
10 x printsoldeerstift
1 x printzekeringhouder
1 x zekering 4 A

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen



Figuur 4/14.39-13: Een compleet gemonteerde ontvanger.

De bouw van de ontvanger

Om de volledige elektronica van de ontvanger in een netstekerkastje te kunnen persen, wordt de schakeling verspreid over twee kleine printjes. Deze worden voorgesteld in figuur 4/14.39-11 op de transparante printpagina. In figuur 4/14.39-12 zijn twee componentenopstellingen getekend. De linker moet worden gevolgd als een ontvanger met één drukknop wordt bediend, de rechter als voor twee-knops bediening wordt gekozen.

Uit plaatsoverwegingen worden de meeste weerstanden rechtop gemonteerd. De fotodiode wordt niet rechtstreeks op de print gesoldeerd, maar moet in de netstekerbehuizing worden aangebracht en nadien met behulp van twee soepele draadjes met de print worden verbonden en wel met de aansluitpunten "c" en "d". Nadat alle onderdelen op beide printen zijn gemonteerd moet het voorversterkergedeelte rond IC2 worden afgeschermd. Dat kan door een plaatje ongeëtste printplaat met als afmetingen 5,5 bij 2,8 cm^2 op een afstand van 5 mm onder de print vast te solderen. Voor de juiste positie van dit plaatje wordt verwezen naar de stippellijnen in de componentenopstelling. In de vier gaatjes in de hoeken worden ***op de koperzijde*** van de print vier printsoldeerlipjes gesoldeerd. Deze worden afgeknipt op een lengte van 5 mm. Nadien kan men het afschermplaatje op de vrije uiteinden van de soldeerlipjes vast solderen. Vervolgens moeten de noodzakelijke soldeerbruggetjes worden aangebracht. Heeft men op de zenderprint geen soldeerbruggen gemaakt, dan kunnen de drie soldeerbruggen naar de pennen 2, 3 en 4 van de SLB3802 ook bij de ontvanger open blijven. Wat in ieder geval wél moet is het aanbrengen van een of twee kanaalbruggetjes. Werkt men met een-knops bediening en wil men de ontvanger instellen op kanaal 1, dan moet met de soldeerbrug die op de componentenopstelling met "1" is aangegeven overbruggen. Deze soldeerbruggen, acht in totaal, gaan naar een aansluiting van de weerstand R18. Werkt

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

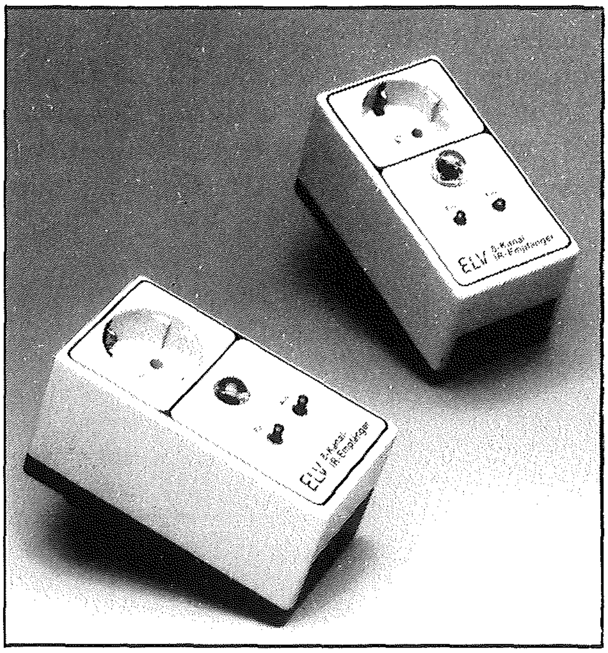
men met twee-knops bediening, dan moet men twee soldeerbruggen leggen. Een moet een oneven kanaalnummer zijn, de tweede een even kanaalnummer. De tweede reeks soldeerbruggen bevinden zich onder het IC en gaan naar weerstand R17. De twee printen kunnen vervolgens op elkaar geschroefd worden met M3x45 boutjes en 20 mm lange kunststof afstandsbusjes. Tussen beide printen zijn slechts vier verbindingen noodzakelijk en wel tussen de gelijknamige aansluitpunten "e", "f", "l" en "m". Nadien kan de printencombinatie in een netstekerbehuizing ondergebracht worden. De twee pennen van de netsteker worden met de aansluitpunten "g" en "h" op de onderste print verbonden. Het stopcontact wordt aangesloten op de aansluitpunten "i" en "k". Voor deze vier verbindingen moet men soepele draad gebruiken met een koperdoorsnede van 0,75 mm^2.
De foto van figuur 4/14.39-13 toont een compleet gemonteerde ontvanger-unit.
Hoe de kant-en-klare ontvangers er uit zien als gebruik wordt gemaakt van de behuizingen die bij het leverbare bouwpakket worden geleverd, toont de foto van figuur 4/14.39-14.

Belangrijke opmerking

Vanwege de rechtstreekse netvoeding van de ontvangerelektronica zijn alle punten van de schakeling via lage impedanties verbonden met de fase van het net. Aanraken van de print kan dan ook levensgevaarlijk zijn! Bij het afregelen of experimenteren wordt aangeraden gebruik te maken van een scheidingstrafo.

Het afregelen van de schakeling

Het enige afregelpunt is het spoeltje in de ontvanger. Deze moet afgestemd worden op de 25 kHz draaggolf van het zendersignaal.



Figuur 4/14.39-14: Twee ontvangers, gemonteerd in de netstekerbehuizingen die geleverd worden bij het verkrijgbare bouwpakket.

Sluit de ontvangerprint via ***een scheidingstrafo*** aan op de netspanning en sluit een voltmeter aan tussen de massa en een van de kanaaluitgangen van IC3. Roep een vriend of vriendin ter hulp, die de zender in de buurt van de ontvanger brengt en drukt op de druktoets die overeen komt met het kanaal waarop de meter is aangesloten. Verdraai nu de kern van het spoeltje tot de meter een hoge spanning aanduidt. De zender moet nu verder uit de buurt van de ontvanger worden gebracht, waarna men de procedure herhaalt. Op deze manier moet het mogelijk zijn de ontvanger te laten reageren op een zender die van een afstand van ongeveer 15 m op de ontvanger wordt gericht.

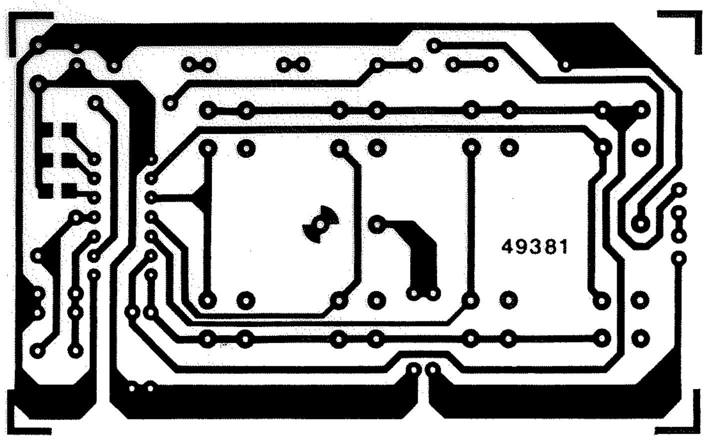
Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze achtkanaals afstandsbediening in

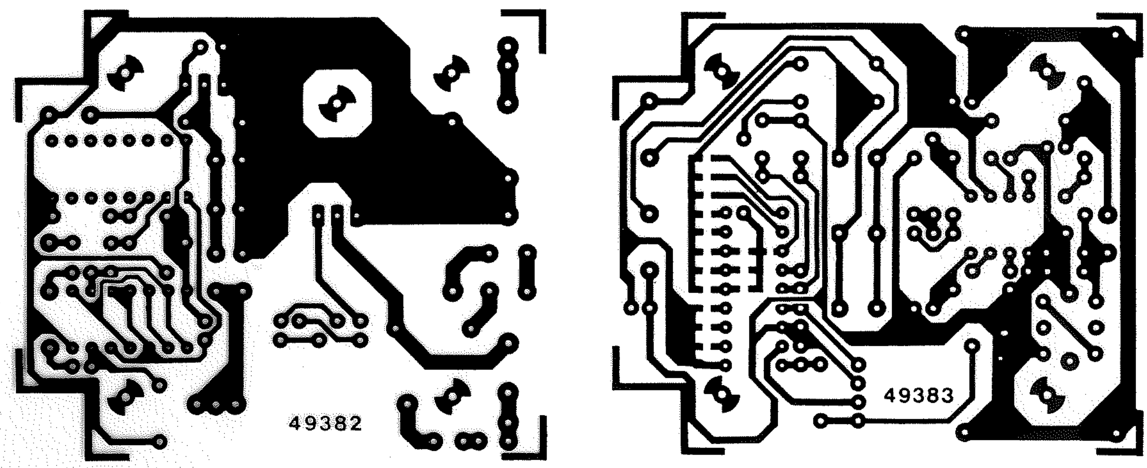
14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen

diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief behuizingen, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal, telefoon 05486-17475, fax 05486-12678. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 0245. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.39 Achtkanaals IR afstandsbediening voor netbelastingen



Figuur 4/14.39-6: De print voor de zender.



Figuur 4/14.39-11: De twee printen voor de ontvanger.

4/14.40

Reactietijd tester

Inleiding

Een reactietijd tester is een handig apparaatje om achter de hand te houden als feestjes in meligheid dreigen te verzanden. Immers, voornamelijk mannen voelen zich aangesproken door de uitdaging van een dergelijk apparaatje en willen in een felle competitieve strijd duidelijk maken dat zij, ondanks inname van alcoholica, de snelste reactietijd hebben. Helaas blijkt in de praktijk vaak dat het net vrouwen zijn, die de mannen glansrijk verslaan! Zo'n spelletje kan natuurlijk met de computer gespeeld worden, maar het is veel leuker als men een klein apparaatje ter beschikking heeft dat van hand tot hand kan gaan. Het in dit hoofdstuk beschreven apparaatje bevat niet meer dan een handjevol goedkope standaard onderdelen en kan voor enkele tientjes nagebouwd worden. Het heeft een bereik van 0,05 s tot en met 0,45 s met een nauwkeurigheid van 0,05 s.

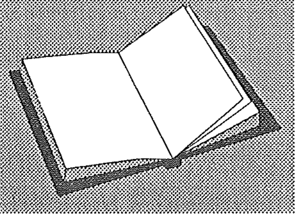
Het werken met het apparaatje

Het apparaatje heeft twee toetsen, respectievelijk START en STOP genoemd, en een rijtje van negen LED's. Daarnaast is nog een START-LED, een AAN-LED en een OVERBEREIK-LED aanwezig.
In rust is het grootste gedeelte van de elektronica uitgeschakeld en lijkt het apparaatje te slapen. Drukt men echter op de START, dan gaat de AAN-LED opgloeien. Na een willekeurige tijd, ergens tussen 0,64 en 6,4 seconde, gaat de START-LED branden. Het komt er nu op aan zo snel mogelijk op de STOP te drukken. Het tijdsverloop tussen beide gebeurtenissen wordt gemeten en aangegeven op de thermometerschaal. Zou men er langer dan 0,5 seconde over doen om op de STOP te drukken, dan gaat de OVERBEREIK-LED branden. Vijf seconde na het indrukken van de STOP gaat het apparaatje automatisch naar de ruststand, waarbij er slechts ongeveer 1 μA stroom uit de 9 V batterij wordt verbruikt.

Het blokschema

Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.40-1. Hart van de schakeling is een kristaloscillator met geïntegreerde delers.
Op dit IC wordt een kristal met een resonantiefrequentie van 25,6 kHz aangesloten.

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/5.2
Hoofdstuk 6/5.2.1



14.40 Reactietijd tester

De interne frequentiedelers zetten dit signaal om in blokgolven met frequenties van 200 Hz en 1,5625 Hz. De 200 Hz signalen gaan naar een tiendeler, waaruit de meetfrequentie van 20 Hz wordt afgeleid. Het zijn het aantal perioden van dit signaal dat gemeten wordt en die de resolutie van 0,05 Hz verklaren. Dat tellen gebeurt in een tienteller met geïntegreerde gedecodeerde uitgangen. Dat wil zeggen dat dit IC niet alleen een tienteller bevat, maar ook de noodzakelijke logica om de vier uitgangen van deze teller om te zetten in tien uitgangen, die een na een "H" worden als het telproces vordert. De uitgangen gaan rechtstreeks naar de negen LED's waarmee het meetresultaat kan worden afgelezen. Natuurlijk moeten die drie blokken, die verantwoordelijk zijn voor het meten, gestuurd worden. Daarvoor staat een netwerkje van flip-flop's ter beschikking. Twee flip-flop's, de STOP en de START, worden bedient door de gelijknamige drukknoppen. Als op de STOP wordt gedrukt, zal de STOP flip-flop er voor zorgen dat een derde flip-flop, die CONTROLE wordt genoemd, geset wordt. Het uitgangssignaal van deze flipflop stuurt rechtstreeks de RESET's van de tellers. De drie bovenste schakelingen worden dus in hun geresette toestand gehouden, zodat er verder niets gebeurt. De STOP flip-flop stuurt echter ook de ENABLE-ingang van de tiendeler, zodat op dit moment deze trap door middel van twee signalen in toom wordt gehouden.

Als op de START wordt gedrukt gebeuren er verschillende dingen.

Op de eerste plaats wordt de CONTROLE flip-flop gereset. Het gevolg is dat het RESET-signaal van de drie bovenste tellers wegvalt en deze kunnen gaan werken. De oscillator levert 200 Hz en 1,5625 Hz signaaltjes af. Omdat de tiendeler echter nog steeds ge-ENABLE-ed wordt door de STOP flip-flop, zal deze nog niet kunnen tellen.

De uitlezing blijft dus op nul staan.

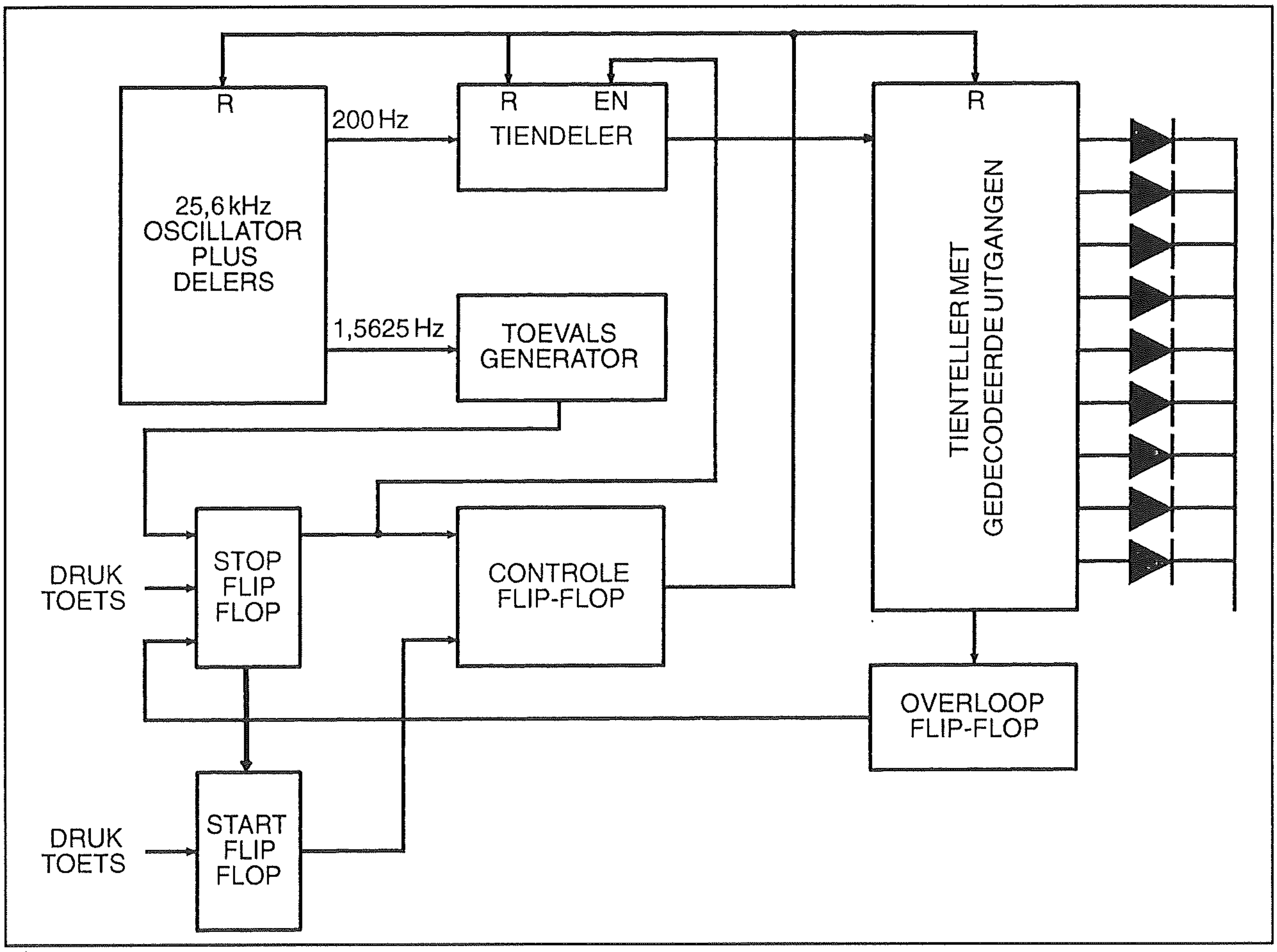
De 1,5625 Hz pulsen kunnen echter wél een vierde teller sturen, die de TOEVALSGENERATOR wordt genoemd. Deze uit vier flip-flop's bestaande teller wordt nooit gereset of geset, zodat de stand van deze teller op het moment dat op de START wordt gedrukt volledig onvoorspelbaar is.

De vierde uitgang van deze teller stuurt de STOP flip-flop. Het moment waarop dit gebeurt is dus onvoorspelbaar en ligt ergens tussen 0,64 en 6,4 seconde, afhankelijk van de beginstand van de teller van de TOEVALSGENERATOR. Door het setten van de STOP flip-flop wordt de ENABLE van de tiendeler vrij gegeven. Deze schakeling zal de 200 Hz ingangspulsen gaan tellen en deze met een frequentie van 20 Hz doorgeven naar de tienteller met gedecodeerde uitgangen. Het meetresultaat verschijnt op de LED's. Op het moment dat op de STOP wordt gedrukt, wordt de controle flip-flop weer gereset. De RESET's van alle tellers worden gestuurd, zodat het systeem stil valt. Ook de ENABLE van de tiendeler wordt weer geactiveerd, zodat het systeem terug valt in de uitgangssituatie. Hetzelfde gebeurt als men niet op tijd op de STOP drukt. De tienteller met gedecodeerde uitgangen stuurt dan een pulsje naar de OVERLOOP flip-flop. Deze stuurt de STOP flipflop en het systeem belandt ook weer in de rustpositie.

Het praktisch schema

In figuur 4/14.40-2 is het volledig uitgewerkt schema van de reactietijd tester getekend. Het schema lijkt vrij ondoorzichtig. Eerlijk gezegd is het dat ook!

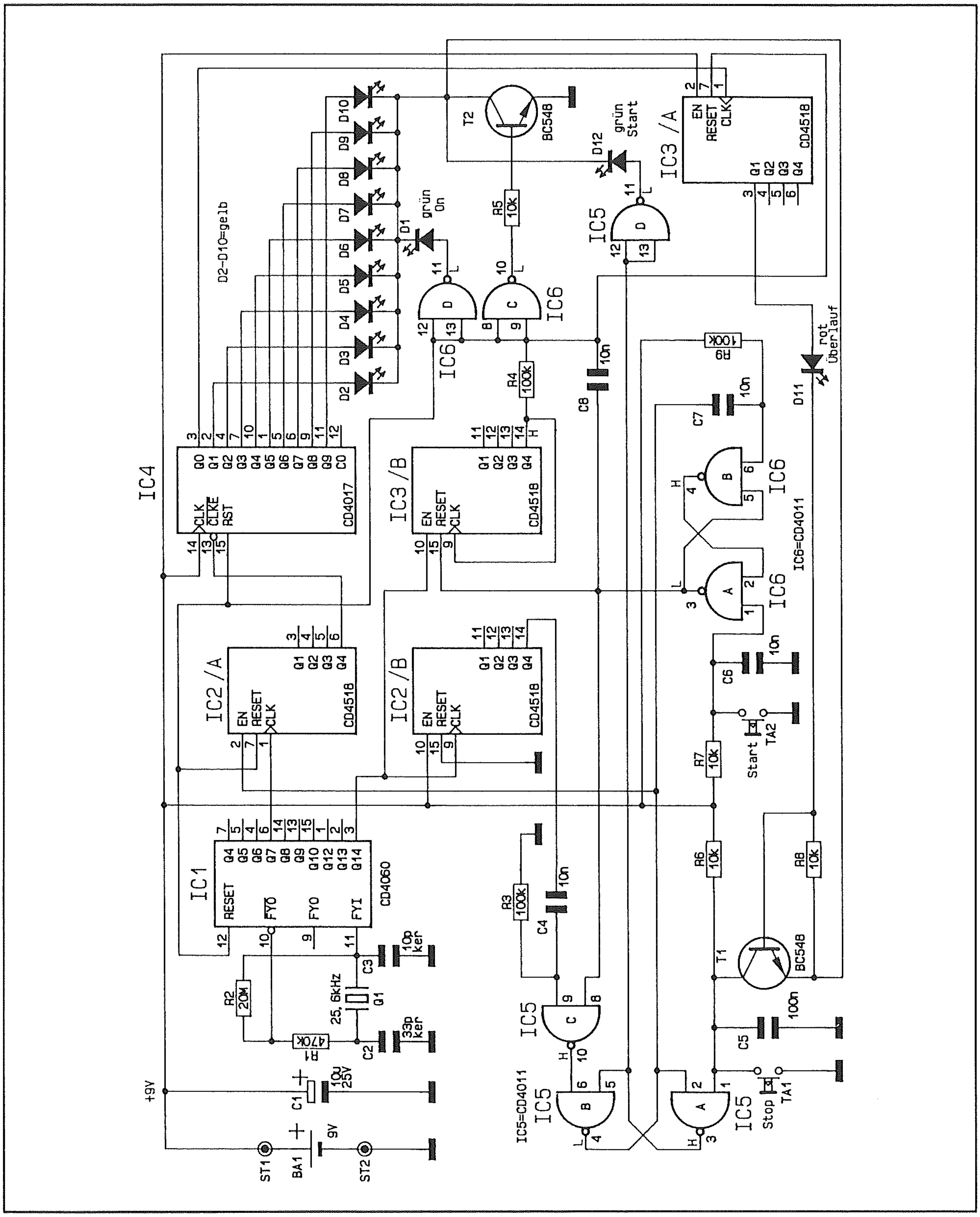
14.40 Reactietijd tester



Figuur 4/14.40-1: Het blokschema van de reactietijd tester.

De ontwerpers hebben echter hun uiterste best gedaan om alle functies met zo weinig mogelijk onderdelen te realiseren. IC1 is de oscillator met delers. Het IC, een CD 4060, bevat een oscillatorschakeling en daaropvolgend 14 binaire delers. De frequentie waarop de schakeling oscilleert wordt bepaald door de resonantiefrequentie van het kristal, dat wordt aangesloten tussen de pennen 10 en 11. De overige onderdelen rond de pennen 9, 10 en 11 zorgen ervoor dat het kristal aan het oscilleren komt en dit bovendien doet op zijn fundamentele frequentie en niet op de een of andere harmonische. Nu zou het zo kunnen zijn, dat er lezers/essen bestaan die vinden dat het gebruiken van een duur kristal in een dergelijk speeltje een onverantwoordelijke uitgave is. OK, het hoeft niet, een trimmertje, een condensator en twee vaste weerstanden doen het net zo goed! De alternatieve schakeling is getekend in figuur 4/14.40-3. Het enige probleem van deze schakeling is, dat men de instelpotentiometer moet afregelen tot de schakeling op 25,6 kHz oscilleert. Dat gaat het eenvoudigst door een digitale frequentiemeter aan te sluiten op pen 7 van IC1. Hier moet een signaal met een frequentie van precies 1,600 kHz ter beschikking staan. Wie voor deze goedkopere oplossing kiest, moet wél bedenken dat er een spinneweb op de print geweven moet worden.

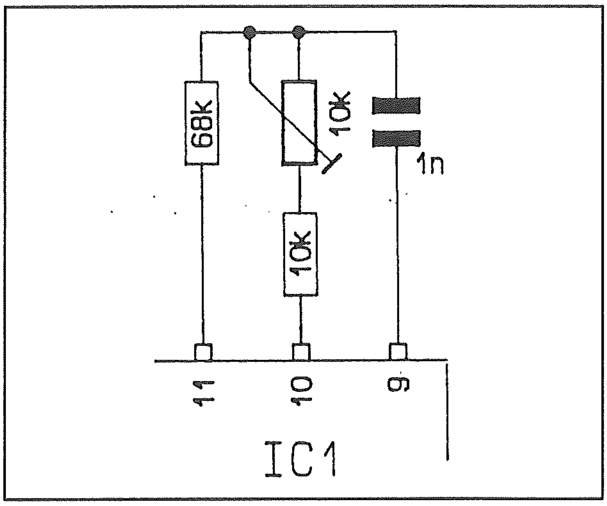
14.40 Reactietijd tester



Figuur 4/14.40-2: Het volledig schema van de reactietijd tester.

14.40 Reactietijd tester

De print heeft immers alleen voorzieningen voor de duurdere, maar meer nauwkeurige versie met kristal.



Figuur 4/14.40-3: Een alternatieve en goedkopere manier voor het genereren van de noodzakelijke klokfrequentie.

Terug nu naar de bespreking van het schema! De oscillatorfrequentie wordt door 2^7 gedeeld en verschijnt onder de vorm van een mooi 200 Hz signaal op pen 6 van IC1. Dit signaal wordt aangeboden aan de clock-ingang van de tiendeler IC2/a. Op de vierde uitgang Q4 ontstaat dus een signaal met een frequentie van 20 Hz. IC2/a bezit echter een ENABLE-ingang op pen 2, waarmee het tellen gestart en gestopt kan worden. Het 20 Hz uitgangssignaal gaat naar de clock-ingang op pen 13 van IC4. Dit IC bevat een tienteller met tien uitgangen. Als de schakeling gereset wordt, is de uitgang Q0 "H" en alle overige uitgangen "L". Bij het tellen van de eerste ingangspuls wordt Q0 "L" en wordt Q1 "H". Iedere volgende getelde ingangspuls schakelt de eerstvolgende uitgang naar "H", terwijl alle overige ingangen "L" zijn of worden. Vanwege de ingangsfrequentie van 20 Hz worden dus alle uitgangen met een ritme van 0,05 seconde doorlopen. Dat wil zeggen dat alle uitgangen 0,05 seconde "H" worden en nadien het vaandel doorgeven aan de volgende uitgang. Als niet op STOP gedrukt wordt, zal Q0 na 0,5 seconde weer "H" worden. Dit verschijnsel triggert IC3/a en de uitgang van deze schakeling (pen 3) wordt "H". Het gevolg is dat de OVERLOOP-LED D11 gaat branden en de transistor T1 in geleiding wordt gestuurd. Het gevolg is dat de STOP flip-flop IC5/a+b wordt getriggerd en het telproces stopt. Hetzelfde gebeurt als men op de STOP toets drukt. Het telproces wordt gestopt en de verlopen tijd kan afgelezen worden op de LED's D2 tot en met D10.

Het starten van de schakeling

Nu het eigenlijke telproces is beschreven komt het er op aan inzicht te krijgen in de besturing van het systeem. In het algemeen schema van figuur 4/14.40-2 zijn op diverse plaatsen logische niveaus "L" en "H" ingetekend. Dit zijn de logische toestanden nadat de STOP is geactiveerd. De beschrijving van de besturing start ook met deze uitgangssituatie. De logische niveaus op de uitgangen van de STOP flipflop IC5/a+b zorgen ervoor, dat de IC's IC1, IC2/a, IC3/a en IC4 in de resettoestand staan. Bovendien wordt de transistor T2 gesperd. De stroom van alle indicatie-LED's vloeit via deze transistor naar de massa af, het gevolg is dat de LED's niet kunnen oplichten. Als men op de START drukt, zal de uitgang van de poort IC6/a van "L" naar "H" omschakelen. Deze pen stuurt de reset van de teller IC3/b, zodat deze schakeling reset. De uitgang Q4 wordt hoe dan ook "L", dit lage signaal wordt via IC6/c geïnverteerd. Het hoge signaal op uitgang pen 10 stuurt de transistor T2 in geleiding. Ook poort IC6/d

14.40 Reactietijd tester

levert een "H" af, met als gevolg dat de AAN-LED D1 gaat branden. De kathode van dit onderdeel wordt nu immers via de geleidende T2 met de massa verbonden. Het "L" worden van uitgang Q4 van IC3/b heeft tot gevolg dat de algemene reset-lijn naar "L" gaat, zodat de tellers IC1, IC2/a, IC3/a en IC4 worden vrijgegeven. Een ander detail is dat het indrukken van de START tot gevolg heeft dat via de condensator C8 een smalle reset-puls wordt gegenereerd, zodat de genoemde IC's in ieder geval terug worden geschakeld naar hun uitgangstoestand na reset. Op deze manier wordt vermeden dat er toevallig een tellertje in een andere stand dan "L-L-L-L-..." staat en dat het telproces niet volgens de regels der kunst wordt afgewerkt. Door het vrijgeven van de reset-ingangen zal ook pen 12 van IC1 "L" worden. De kristaloscillator wordt aan het werk gezet en de pulsen worden in frequentie gedeeld. Aan de Q14-uitgang (pen 3) verschijnt iedere 0,64 seconde een impuls, dat door de teller IC2/b geteld wordt. Dit is de TOEVALSGENERATOR uit het blokschema van figuur 4/14.40-1. Deze teller wordt echter nooit gereset, zodat zijn toestand op het START-moment onbepaald is. Na een onbekend aantal ingangsimpulsen gaat zijn Q4-uitgang op pen 14 van "L" naar "H". Deze flank kan ontstaan tussen 0,64 en 6,4 seconde na het indrukken van START. Deze flank triggert via de condensator C4 de STOP flip-flop IC5/a+b. Het gevolg is dat de uitgang van IC5/a "L" wordt en de uitgang van IC5/b "H". Het lage signaal op pen 3 wordt geïnverteerd door de poort IC5/d en de hoge uitgang van deze poort stuurt de START-LED D12 in geleiding. Bovendien wordt de ENABLE-ingang van IC2/a vrijgegeven, zodat dit IC de 200 Hz pulsen die ontstaan op de uitgang Q7 van IC1 gaat tellen. Het gevolg is dat op de Q4-uitgang pulsen ontstaan met een frequentie van 20 Hz, die door IC4 geteld worden en de LED's D2 tot en met D10 een na een aan het oplichten brengen.

Het stoppen van het telproces

Stel nu, dat op STOP wordt gedrukt. De uitgang van IC5/a wordt weer "H" en de uitgang van IC5/b wordt weer "L". De teller IC2/a wordt ge-ENABLE-ed. IC4 ontvangt geen ingangspulsen meer, zodat de laatst geactiveerde LED blijft branden en men het meetresultaat kan aflezen. Door het bedienen van de STOP zal er echter een smalle negatief gerichte puls via de condensator C7 doordringen naar een van de ingangen van IC6/b. Deze poort vormt samen met IC6/a de START flip-flop, met als gevolg dat de uitgang van IC6/a "L" wordt. De reset-ingang van IC3/b wordt vrijgegeven, zodat deze teller de pulsen die ontstaan op uitgang Q14 van IC1 kan gaan tellen. Na acht van dergelijke pulsen wordt de Q4-uitgang van IC3/b "H", zodat via poort IC6/c de transistor T2 naar sper gestuurd wordt en alle LED's doven. Met de gegeven clockfrequentie zal dit verschijnsel zich na ongeveer 5 seconde voordoen. Deze toestand is stabiel, totdat het beschreven proces opnieuw wordt opgestart door het drukken op START.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1	=	470	kΩ
R2	=	20	MΩ
R3,R4,R9	=	100	kΩ
R5,R6,R7,R8	=	10	kΩ

Condensatoren:

C1	=	10	μF	25 V elco

14.40 Reactietijd tester

C2	=	33 pF	ceramisch
C3	=	10 pF	ceramisch
C4,C6,C7,C8	=	10 nF	MKH
C5	=	100 nF	MKH

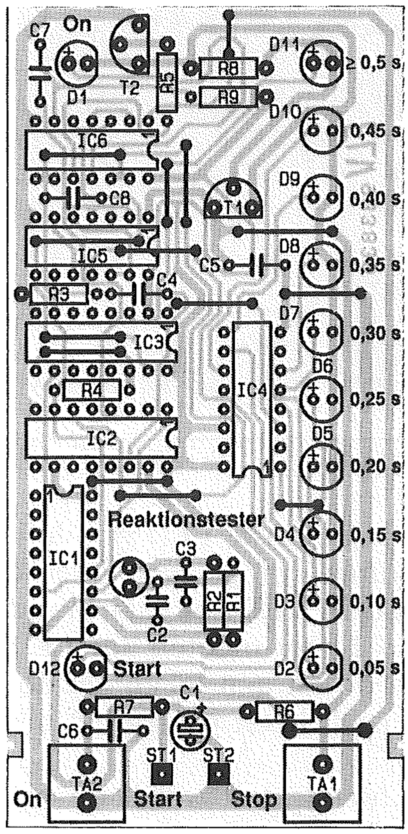
Halfgeleiders:

D1,D12	=	LED 5 mm groen
D2-D10	=	LED 5 mm geel
D11	=	LED 5 mm rood
T1,T2	=	BC548
IC1	=	CD4060
IC2,IC3	=	CD4518
IC4	=	CD4017
IC5,IC6	=	CD4011

Diversen:
1 x kristal 25,6 kHz
2 x printschakelaars, MAAK
1 x 9 V batterij
1 x clip voor 9 V batterij

De bouw van de schakeling
De volledige elektronica kan ondergebracht worden op de print die is getekend als figuur 4/14.40-4 op de transparante pagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.40-5.
Er is gekozen voor een enkelzijdige print, met als consequentie dat er vijftien draadbruggetjes aangebracht moeten worden. Na dit vervelend werkje kunnen alle onderdelen conform tekening gemonteerd en gesoldeerd worden. Als voorlaatste werkje moeten alle LED's gemonteerd worden. De kathoden van deze onderdelen zitten aan de afgeplatte kant van de behuizing. D1 en D12 zijn de groene dioden, D11 de rode en de overigen zijn geel. De afstand tussen de bovenzijde van de printplaat en de onderkant van de LED-behuizing moet gelijk worden aan 6 mm. Tot slot worden de twee schakelaars op de print gemonteerd en kan men het geheel met een mooi kastje aankleden.

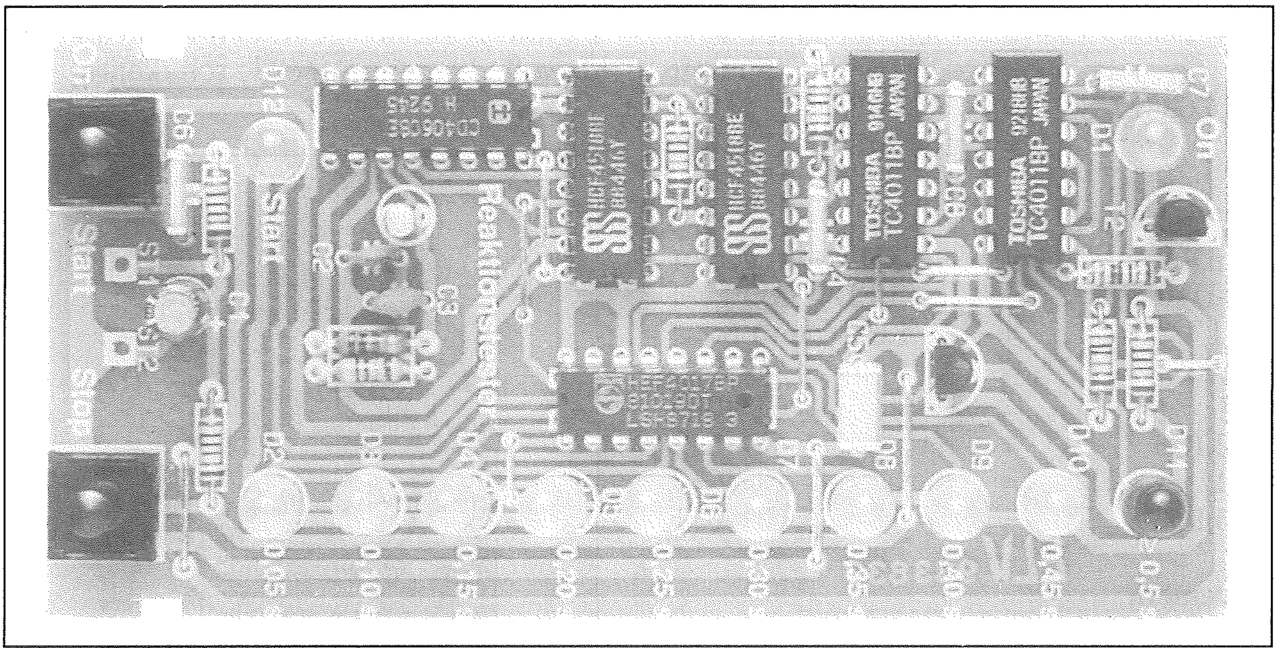
Figuur 4/14.40-6 geeft een impressie van de volledig gemonteerde schakeling.



Figuur 4/14.40-5: De componentenopstelling van de reactietijd tester.

Het in gebruik nemen
Een 9 V batterij wordt met de print verbonden en er wordt even op de START gedrukt. De linker groene LED moet nu gaan branden, als bewijs dat de schakeling geactiveerd is. Na een willekeurige tijd tussen 0,64 s en 6,4 s moet de tweede groene LED D12 gaan branden. Druk nu niet op de STOP, maar observeer of alle LED's van de indicatiekolom een na een oplichten.

14.40 Reactietijd tester



Figuur 4/14.40-6: De volledig gemonteerde schakeling.

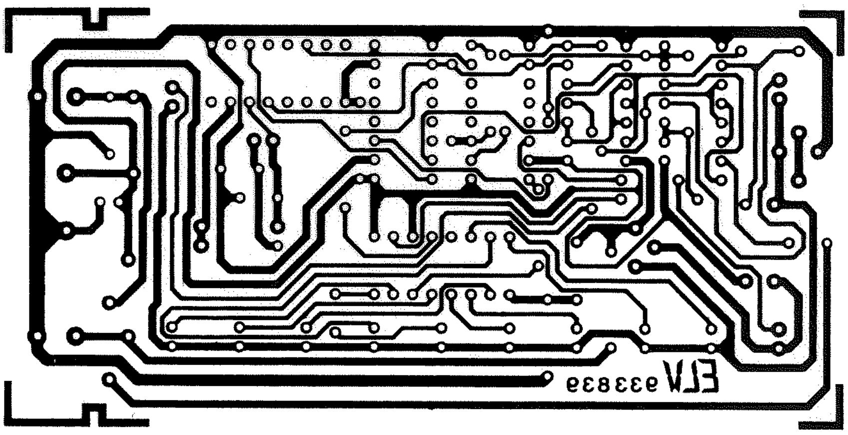
Nadat de bovenste LED van de kolom is aangestuurd, moet even later de rode OVERLOOP-LED ook gaan branden. Ongeveer 5 s later moeten alle LED's automatisch doven, ten teken dat de schakeling zichzelf heeft teruggezet in de ruststand.

Bij de tweede test wordt de procedure herhaald, maar nu mét drukken op de STOP. Men kan dan controleren of het STOP-mechanisme werkt en een van de gele LED's na het indrukken van de STOP als enige van de kolom blijft branden. Ook nu moet na ongeveer 5 s alles weer donker worden.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze reactietijd tester in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print, wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB Nijverdal,
telefoon 05486-17475, fax 05486-12678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 10-140-10. Een speciaal transparant kastje is te bestellen onder nummer 10-125-15. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.40 Reactietijd tester



Figuur 4/14.40-4: De print van de schakeling.